

6529/ITS/H/94 ✓

# TUGAS AKHIR

UJI PENURUNAN MATERIAL ORGANIK  
PADA PENGOLAHAN AIR BAKU UNTUK AIR BERSIH  
MENGUNAKAN MODEL FIXED GRANULAR BED



PSS  
628.104  
Nir  
U-1  
1994

PERPUSTAKAAN	
ITS	
Tgl. Pinjam	01-09-1994
Terdapat di	H
No. Angkanya	3215

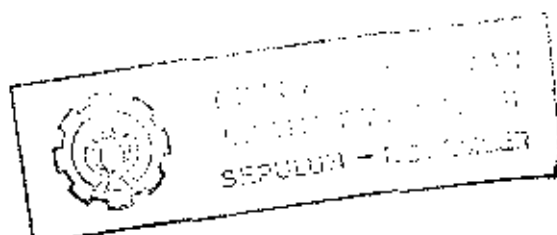
Oleh:

FRIDA NIRMALA

NRP. 389 330 0183

PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA

1994



# **TUGAS AKHIR**

**UJI PENURUNAN MATERIAL ORGANIK  
PADA PENGOLAHAN AIR BAKU UNTUK AIR BERSIH  
MENGUNAKAN MODEL FIXED GRANULAR BED**

**Mengetahui / Menyetujui**

**Dosen Pembimbing I**



**Ir. ATI HARTATI, MSc.**

**NIP. 131 407 590**

**Dosen Pembimbing II**



**Ir. AGUS SLAMET**

**NIP. 131 651 592**

**PROGRAM STUDI TEKNIK LINGKUNGAN  
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
1994**

## ABSTRAKSI

Kebanyakan perairan disinyalir banyak mengandung material organik yang jumlah dan konsentrasinya sangat bervariasi. Bilamana perairan tersebut tergolong telah tercemar, maka secara teoritis banyak mengandung material organik. Material organik dalam konsentrasi yang relatif cukup tinggi, akan berakibat fatal terhadap kesehatan bilamana dikonsumsi oleh manusia. Oleh karena itu diperlukan suatu teknologi pengolahan air baku yang mampu menghilangkan kadar zat tersebut dalam perairan.

Fixed Granular Bed merupakan salah satu teknologi pengolahan air yang berfungsi untuk meremoval material organik. Penelitian ini dimaksudkan untuk menguji tingkat efektivitas model tersebut dalam melakukan prosesnya. Model ini pada prinsipnya hampir sama dengan reaktor filter pada umumnya, namun dalam hal ini proses yang berlangsung adalah biological aerobic dengan mengandalkan aktivitas mikroorganisme dalam mereduksi material organik. Proses oksigenasi dilakukan secara terus menerus untuk membantu asimilasi mikroba serta mengkondisikan proses tetap dalam suasana aerobik. Mekanisme tersebut berlangsung pada permukaan media berbutir dengan karakteristik tertentu. Hasil aktivitas mikrobiologis yang kontinu akan menghasilkan suatu lapisan pada permukaan butiran yang kita kenal dengan biological film. Dalam penelitian ini didapatkan bahwa dengan menggunakan reaktor Fixed Granular Bed diperoleh hasil removal yang lebih baik apabila menggunakan media berbutir dengan jenis antrasit dengan prosentase removal 83 %- 97,4 %, sedangkan untuk pasir kwarsa prosentase removal 80 %- 92%.

## KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah atas ridhoNya akhirnya kami dapat menyelesaikan penyusunan Tugas Akhir ini dengan judul "UJI PENURUNAN MATERIAL ORGANIK PADA PENGOLAHAN AIR BAKU UNTUK AIR BERSIH MENGGUNAKAN MODEL FIXED GRANULAR BED"

Adapun pada hakekatnya penyusunan materi tugas akhir ini adalah sebagai bekal berharga nantinya bilamana profesi yang kita sandang di tengah-tengah masyarakat, diuji dengan masalah-masalah teknis yang mungkin timbul di lapangan. Minimal kita dapat memberikan masukan solusi yang harus diterapkan terhadap permasalahan yang perlu untuk dipecahkan. Dalam penyusunan tugas akhir ini kami mengadakan riset atau penelitian di laboratorium untuk mencapai sasaran yang diinginkan sesuai dengan judul penelitian diatas. Menyadari betapa pentingnya makna dari penyusunan tugas akhir ini, maka segala masukan dan saran yang membangun sangat kami harapkan.

Akhirnya pada kesempatan ini kami ingin menyampaikan ucapan terima kasih kepada pihak-pihak yang terlibat secara langsung/tak langsung dalam proses penyusunan tugas akhir ini, antara lain :

1. Ayah & Ibunda tercinta yang telah banyak memberikan do'a dan dorongan ;
2. Ibu Ir. Ati Hartati MSc, selaku dosen pembimbing Tugas Akhir;
3. Bpk. Ir. Agus Slamet selaku Co-pembimbing Tugas Akhir;

4. Bpk. DR.Ir Wahyono Hadi & Ibu Nieke Karnaningroem selaku Ketua Jurusan merangkap koordinator Tugas Akhir & Sekertaris Jurusan Teknik Lingkungan ;
5. Bpk. Ir. Gogh Yoedihanto MSc yang telah banyak membantu memberikan ide dalam penyusunan tugas akhir ini ;
6. Mbak & mas laboran di Laboratorium Teknik Lingkungan ITS yang banyak membantu dalam kelancaran tugas akhir ini ;
7. Mas Wawan, yang telah banyak memberikan dorongan, do'a dan bantuannya dalam menyelesaikan tugas akhir ini ;
8. Mbak Wiek & mas Anto yang telah memberikan do'a & dorongan agar terselesainya tugas akhir ini ;
9. Buat dik Dian & pak Ateng ;
10. Fithri, Susi & mbak Kadek terima kasih atas kerjasamanya selama di laboratorium, juga buat Evy, Winda, Dewi, Indri, Yani, Yunita, Muza, dan rekan-rekan angkatan'89 yang lain.

Akhirnya kami berharap semoga materi yang disajikan dalam tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak.

Surabaya, Juli 1994

Penyusun

## DAFTAR ISI

Abstraksi.....	i
Kata Pengantar.....	ii
Daftar Isi.....	iv
Daftar Tabel.....	viii
Daftar Grafik.....	ix
Daftar Gambar.....	xiii
Daftar Lampiran.....	xiv
 Bab I	
Pendahuluan.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Ide Study.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	3
 Bab II	
Tinjauan Pustaka.....	5
2.1 Umum.....	5
2.2 Pengertian Filtrasi.....	5
2.2 Mekanisme Filtrasi.....	7
2.3.1 Mekanisme Pengangkutan.....	7
2.3.2 Mekanisme Pelekatan.....	9
2.3.3 Mekanisme Pengelupasan.....	9
2.4 Hidrolika Filtrasi.....	9
2.4.1 Perhitungan Kehilangan Tekanan.....	9
2.4.2 Kecepatan Filtrasi.....	11
2.4.3 Distribusi Tekanan.....	12

2.4.4 Hidrolika Backwash.....	13
2.5 Dinamika Filtrasi.....	14
2.6 Kegagalan Dalam Proses Filtrasi.....	15
2.7 Pengontrolan Aliran pada Filter.....	17
2.8 Media Filter.....	19
2.8.1 Karakteristik Media Filter.....	19
2.8.2 Densitas Media Filter.....	20
2.8.3 Bentuk Butiran.....	20
2.8.4 Porositas Media.....	23
2.8.5 Ketahanan Fisik Media.....	23
2.8.6 Analisa Gradasi Media Filter.....	24
2.9 Teori Organik.....	26
2.10 Proses Biologis dalam Air.....	29
2.10.1 Air dan Metabolisme Sel.....	29
2.10.2 Air Sebagai Media Kehidupan Mikrobial.....	32
2.10.3 Substansi Nutrisi.....	32
2.11 Proses Biologis dalam Pengolahan Air.....	33
2.11.1 Umum.....	33
2.11.2 Pertumbuhan Mikroorganisme.....	34
2.11.3 Proses Penguraian Substrat.....	36
2.11.4 Proses Pertumbuhan Aerobik & Anaerobik.....	37
2.12 Attached Growth.....	39
2.12.1 Biological Film.....	39
2.12.2 Granular Bed.....	40
2.12.3 Fixed Granular Bed.....	41
2.13 Removal Organik.....	43
2.14 Gas Transfer.....	45
2.14.1 Umum.....	45
2.14.2 Definisi Gas Transfer.....	45

2.14.3	Proses Transfer Oksigen.....	46
2.14.4	Larutan Gas dalam Liquida.....	47
2.14.5	Koefisien Transfer Oksigen.....	49
Bab III	Metodologi.....	52
3.1	Umum.....	52
3.2	Kerangka Penelitian.....	53
3.2.1	Metode Penelitian.....	53
3.2.2	Metode Analisa.....	53
3.2.3	Variabel Obyek Penelitian.....	53
3.2.4	Diagram Alir Kerangka Penelitian.....	54
3.3	Tahapan Pelaksanaan Penelitian.....	56
3.3.1	Material.....	56
3.3.2	Pembuatan alat.....	58
3.3.3	Penyiapan Media Filter.....	58
3.3.4	Penyiapan Sampel Air Buatan.....	59
3.3.5	Sistem Pengoperasian.....	60
Bab IV	Data Hasil Penelitian.....	61
4.1	Umum.....	61
4.2	Ringkasan Tabel Hasil Pengamatan.....	61
4.2.1	Analisa Ayakan Media.....	61
4.2.2	Reduksi Organik.....	62
4.2.3	Distribusi Tekanan.....	62
4.3	Ringkasan Grafik Hasil Pengamatan.....	63
4.3.1	Analisa Ayakan.....	63
4.3.2	Hubungan Reduksi Organik dengan Waktu filtrasi.....	63
4.3.3	Hubungan Efisiensi Reduksi, dan total headloss terhadap waktu filtrasi.....	64



4.3.4	Grafik Distribusi Tekanan.....	64
4.3.5	Hubungan Organik Loading dengan Efisiensi Proses.....	65
4.4	Ringkasan Hasil Perhitungan.....	65
4.4.1	Penelitian Pendahuluan.....	65
4.4.2	Efisiensi reduksi Organik.....	66
4.4.3	Hubungan efisiensi dengan Organik Loading.....	67
4.4.4	Hubungan Kebutuhan udara dengan Organik Loading.....	68
4.5	Rumusan Hasil Penelitian .....	69
 Bab V	 Analisa Hasil Penelitian.....	 71
5.1	Kajian Segi Hidrolis.....	71
5.2	Kajian Segi Proses.....	75
 Bab VI	 Kesimpulan.....	 84
Daftar Pustaka.....		86
Lampiran.....		88

## DAFTAR TABEL

Tabel L-1 (Lamp.1) : Hasil analisa ayakan media antrasit.....	91
Tabel L-2 (Lamp.1) : Hasil analisa ayakan media pasir kwarsa.....	92
Tabel L-1 (Lamp.8) : Hasil pengamatan reduksi organik pada konsentrasi influent 20 mg/lt, kecepatan berbeda, media antrasit.....	118
Tabel L-2 (Lamp.8) : Hasil pengamatan reduksi organik pada konsentrasi influent 40 mg/lt, kecepatan berbeda, media antrasit.....	119
Tabel L-3 (Lamp.8) : Hasil pengamatan reduksi organik pada konsentrasi influent 60 mg/lt, kecepatan berbeda, media antrasit.....	120
Tabel L-4 (Lamp.8) : Hasil pengamatan reduksi organik pada konsentrasi influent 20 mg/lt, kecepatan berbeda, media pasir kwarsa.....	121
Tabel L-5 (Lamp.8) : Hasil pengamatan reduksi organik pada konsentrasi influent 40 mg/lt, kecepatan berbeda, media pasir kwarsa.....	122
Tabel L-6 (Lamp.8) : Hasil pengamatan reduksi organik pada konsentrasi influent 60 mg/lt, kecepatan berbeda, media pasir kwarsa.....	123
Tabel L-7 (Lamp.8) : Hasil pengamatan tekanan pada konsentrasi influent 20 mg/lt, kecepatan filtrasi 4 m/jam, media antrasit.....	124
Tabel L-8 (Lamp.8) : Hasil pengamatan tekanan pada konsentrasi influent 40 mg/lt, kecepatan filtrasi 6 m/jam, media antrasit.....	125
Tabel L-9 (Lamp.8) : Hasil pengamatan tekanan pada konsentrasi influent 60 mg/lt, kecepatan filtrasi 8 m/jam, media antrasit.....	126
Tabel L-10 (Lamp.8) : Hasil pengamatan tekanan pada konsentrasi influent 20 mg/lt, kecepatan filtrasi 4 m/jam, media pasir kwarsa.....	127
Tabel L-11 (Lamp.8) : Hasil pengamatan tekanan pada konsentrasi influent 40 mg/lt, kecepatan filtrasi 6 m/jam, media pasir kwarsa.....	128
Tabel L-12 (Lamp.8) : Hasil pengamatan tekanan pada konsentrasi influent 60 mg/lt, kecepatan filtrasi 8 m/jam, media pasir kwarsa.....	129
Tabel L-13 (Lamp.8) : Hasil pengamatan reduksi organik pada tiga titik sampling...	130

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2-1 : Distribusi tekanan pada filter.....	12
Gambar 2-2 : Proses terjadinya dinamika filtrasi.....	14
Gambar 2-3 : Filter dengan sistem constant rate.....	17
Gambar 2-4 : Filter dengan sistem declining rate.....	18
Gambar 2-5 : Perbedaan sistem constant rate dan declining rate.....	19
Gambar 2-6 : Bentuk-bentuk butiran.....	21
Gambar 2-7 : Tabel faktor bentuk dan sperecitas.....	22
Gambar 2-8 : Grafik analisa ayakan.....	25
Gambar 2-9 : Rumus rantai asam amino.....	33
Gambar 2-10 : Pertumbuhan mikroorganisme.....	34
Gambar 2-11 : Kinetika eliminasi substrat oleh mikroba.....	36
Gambar 2-12 : Bagian spesifik dari lapisan biofilm.....	39
Gambar 2-13 : Proses perpindahan oksigen .....	46
Gambar 2-14 : Pengaruh temperatur pada DO absorption.....	51

## LAMPIRAN 1

### Analisa Ayakan

#### 1. Prosedur Analisa Ayakan

Dalam penelitian ini media yang akan digunakan masing-masing antrasit dan pasir kwarsa sebelum dipakai sebagai media filter maka perlu dilakukan analisa ayakan sesuai dengan ukuran butiran yang diharapkan. Adapun prosedur dalam analisa ayakan adalah sebagai berikut :

- Mencuci semua media yang akan diayak dengan air kran hingga bersih ;
- Mengeringkan media yang telah dicuci selama 24 jam dalam oven pada temperatur 105 C ;
- Melakukan analisa ayakan untuk memperoleh ukuran butiran yang diharapkan dari stock media yang ada

#### 2. Penentuan Ukuran Diameter Butiran Media

##### 2.1 Antrasit

Dalam penelitian ini antrasit digunakan sebagai single media filter. Penentuan efektif size didasarkan pada kriteria ES untuk single media yaitu antara 0,1 - 0,16 cm. Sedangkan nilai UC adalah 1,30 - 1,70.

Perhitungan :

Dari grafik L - 1 didapatkan data sebagai berikut : diameter antrasit yang tersedia :

$$P\ 10\ (ES) = 0,095$$

$$P\ 60 = 0,15$$

$$UC = \frac{0,15}{0,095} = 1,579$$

Karena ukuran diameter media yang diharapkan tidak terpenuhi pada stock yang tersedia, maka diplot pada grafik, diameter butiran yang diinginkan sebagai berikut :

$$P\ 10\ (ES) = 0,10$$

$$UC = 1,30$$

$$P\ 60 = (1,30 \times 0,10) = 0,13$$

$$P\ 10\ (ES) ; \text{ dari stock grafik pada sb } Y = 12,50\% \text{ ( lihat grafik L-2)}$$

$$P\ 60 ; \text{ dari stock grafik pada sb } Y = 50\% \text{ ( lihat grafik L-2)}$$

$$P\ \text{usable} = 2\ (50\% - 12,50\%) = 75\%$$

$$P\ \text{too fine} = 12,50\% - (0,10 \times 75\%) = 5,0\%$$

$$P\ \text{too coarse} = 75\% + 5,0\% = 80\%$$

Kemudian diplot pada grafik untuk P too fine dan P too coarse sebagai berikut :

$$5,0\% \text{ diameternya} = 0,055\ \text{cm}$$

$$80\% \text{ diameternya} = 0,19\ \text{cm}$$

Jadi ukuran butiran media antrasit yang dipakai adalah antara 0,055 cm sampai 0,19 cm .

## 2.2 Pasir kwarsa

Untuk media pasir kwarsa nilai efektif size (ES) adalah 0,1 - 0,16 , dan nilai uniform coeficien (UC) antara 1,30 - 1,70 .

Perhitungan :

Dari grafik L.3 diperoleh data sebagai berikut : diameter kwarsa yang tersedia :

$$P_{10} = 0,09$$

$$P_{60} = 0,138$$

$$UC = \frac{0,138}{0,09} = 1,53$$

Diameter butiran kwarsa yang diinginkan adalah sebagai berikut :

$$P_{10} (ES) = 0,10$$

$$UC = 1,30$$

$$P_{60} = (0,10 \times 1,30) = 0,13$$

$$P_{10} (ES) ; \text{ dari stock grafik sb } Y = 14,50 \% \text{ ( lihat grafik L-4)}$$

$$P_{60} ; \text{ dari stock grafik sb } Y = 55 \% \text{ ( lihat grafik L-4)}$$

$$P_{usable} = 2 ( 50 \% - 14,5 \% ) = 81 \%$$

$$P_{too\ fine} = 14,50 \% - ( 0,1 \times 55 ) \% = 6,40 \%$$

$$P_{too\ coarse} = ( 81 + 6,4 ) \% = 87,40 \%$$

Kemudian diplot pada grafik untuk P too coarse dan P too fine sebagai berikut :

$$6,40 \% \text{ didapat diameter } = 0,055 \text{ cm}$$

$$87,40 \% \text{ didapat diameter } = 0,19 \text{ cm}$$

Jadi diameter ukuran media kwarsa yang digunakan adalah dari 0,055 cm - 0,19 cm .

TABEL L-1 ANALISA AYAKAN UNTUK ANTRASIT  
(W= 1000 GRAM)

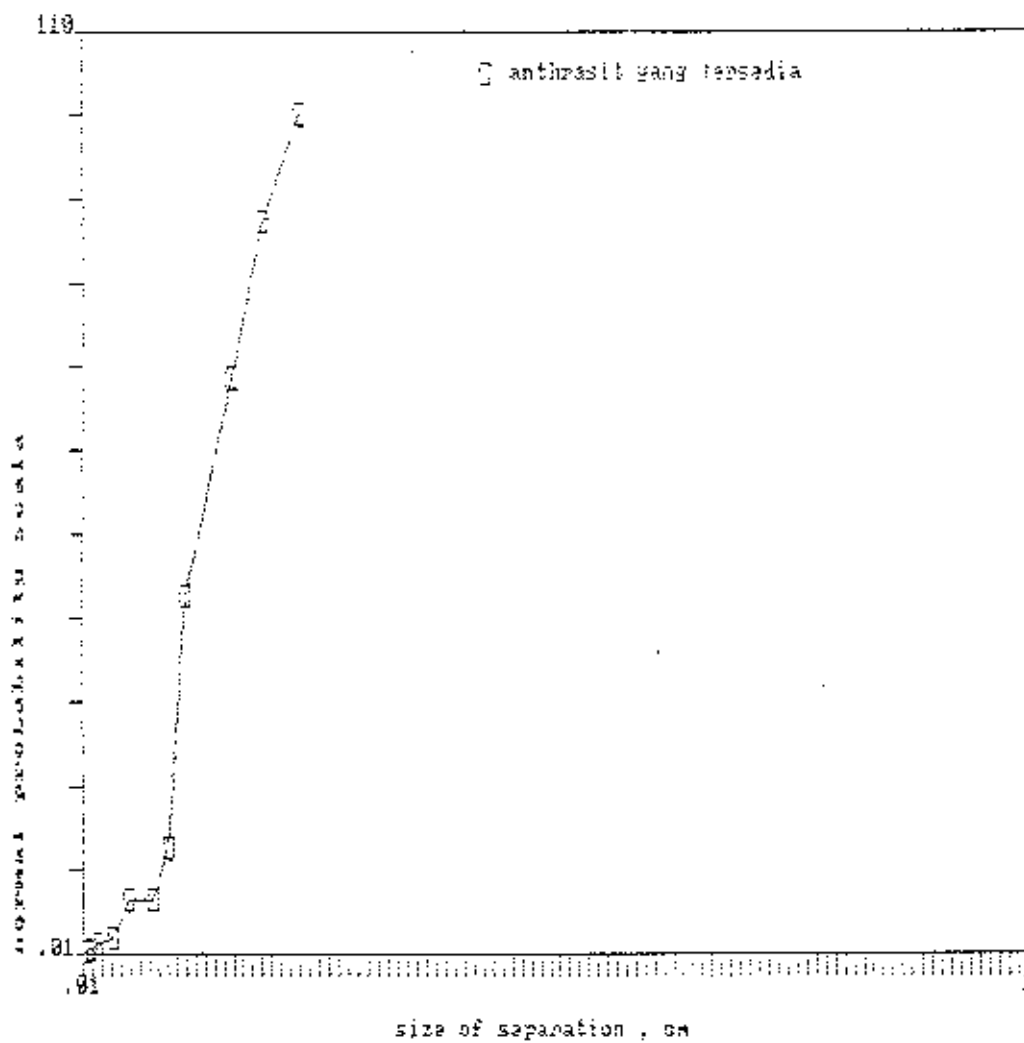
NOMOR AYAKAN	DIAMETER LUBANG AYAKAN (MM)	BERAT ANTRASIT TERTAHAN DIATAS TIAH AYAKAN (GRAM)	% BERAT ANTRASIT TERTAHAN DIATAS TIAH AYAKAN	% KUMULATIF DARI ANTRASIT YANG TER- TALAH
200	0,074	2,900	0,290	0,290
100	0,149	1,100	0,110	0,403
80	0,177	2,000	0,200	0,603
60	0,250	5,500	0,555	1,158
40	0,420	5,900	0,590	2,058
30	0,590	42,300	4,270	6,328
20	0,840			6,328
18	1,000	62,000	6,258	12,582
16	1,190	397,500	39,300	42,582
12	1,860	258,300	25,370	68,852
10	2,000	158,300	15,790	87,442
8	2,360	124,300	12,540	99,982
		991,000	99,982	

TABEL L-2 ANALISA AYAKAN UNTUK PASIR KWARSA  
(W= 1000 GRAM)

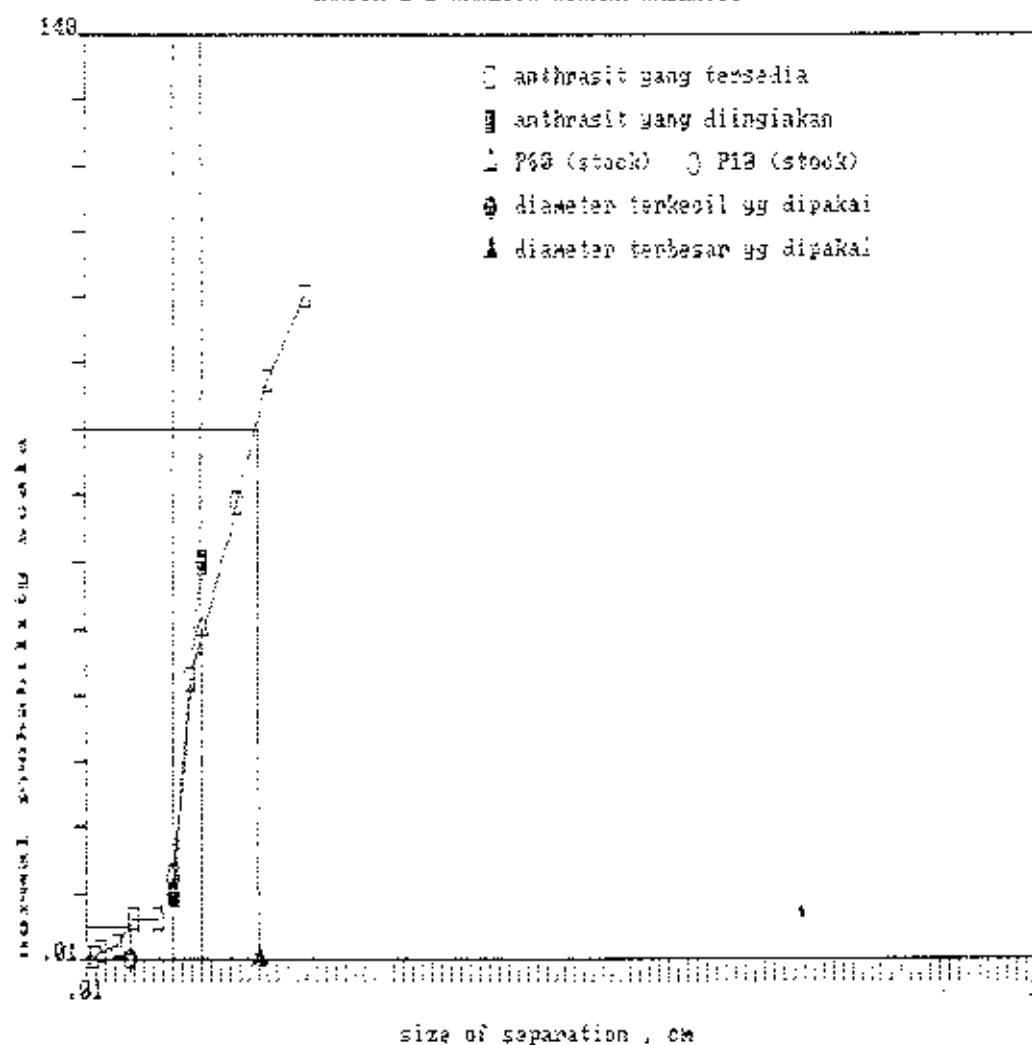
NO. AYAKAN	DIAETER LUBANG AYAKAN (mm)	BERAT PASIR TER- TAMBAH DI ATAS TIAP AYAKAN (GRAM)	% BERAT PASIR TER- TAMBAH DI ATAS TIAP AYAKAN	% KUMULATIF DI ATAS PASIR YANG TER- TAMBAH
200	0,074	0,600	0,060	0,060
100	0,149	0,250	0,025	0,085
80	0,177	1,000	0,100	0,185
60	0,250	5,650	0,560	0,775
40	0,420	9,500	0,950	1,705
30	0,590	67,000	6,700	8,485
20	0,840	-	-	8,485
18	1,000	55,200	5,520	14,045
16	1,180	269,000	27,110	41,155
12	1,650	349,500	35,220	76,375
10	2,000	155,700	15,570	92,025
8	2,350	78,700	7,800	99,865
		992,300	99,965	



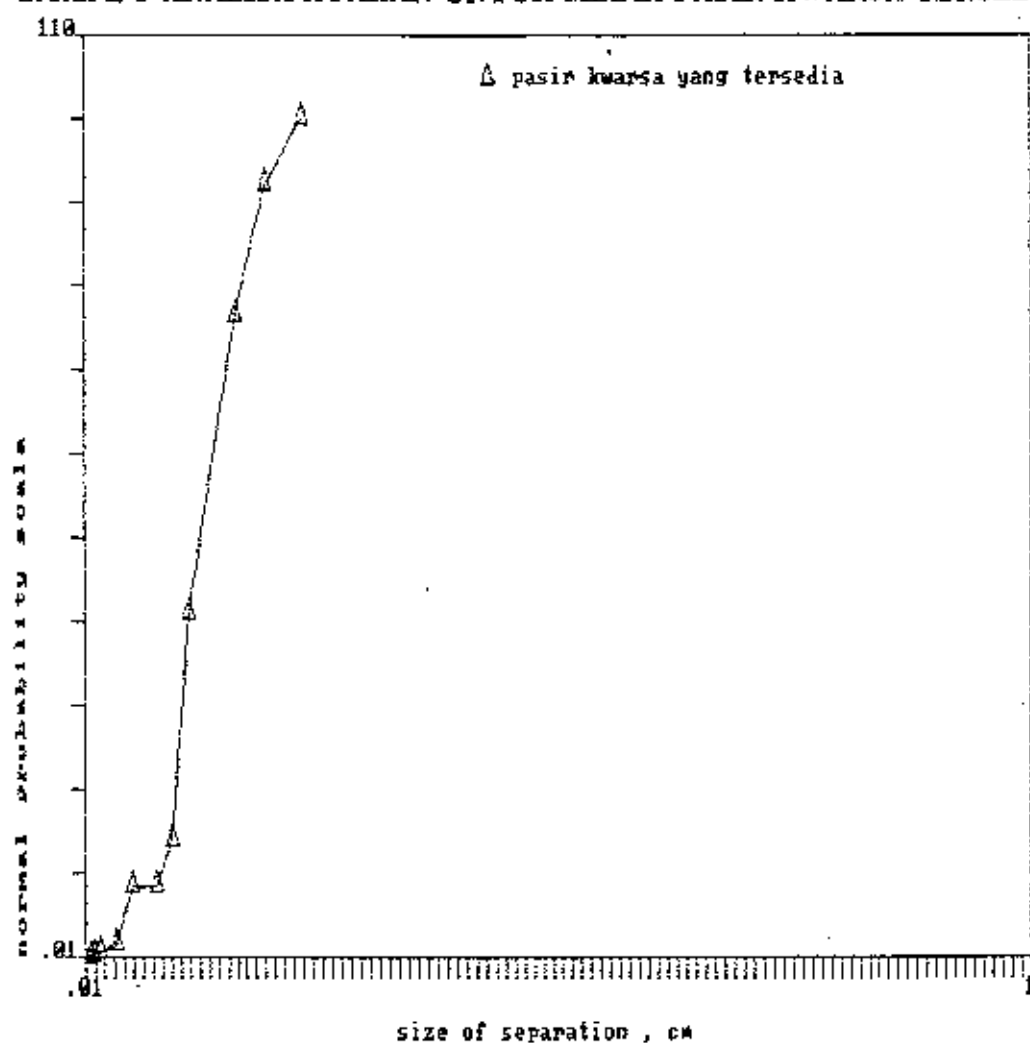
Grafik L-1 ANALISA AYAKAN UNTUK MEDIA ANTRASIT TERSEDIA



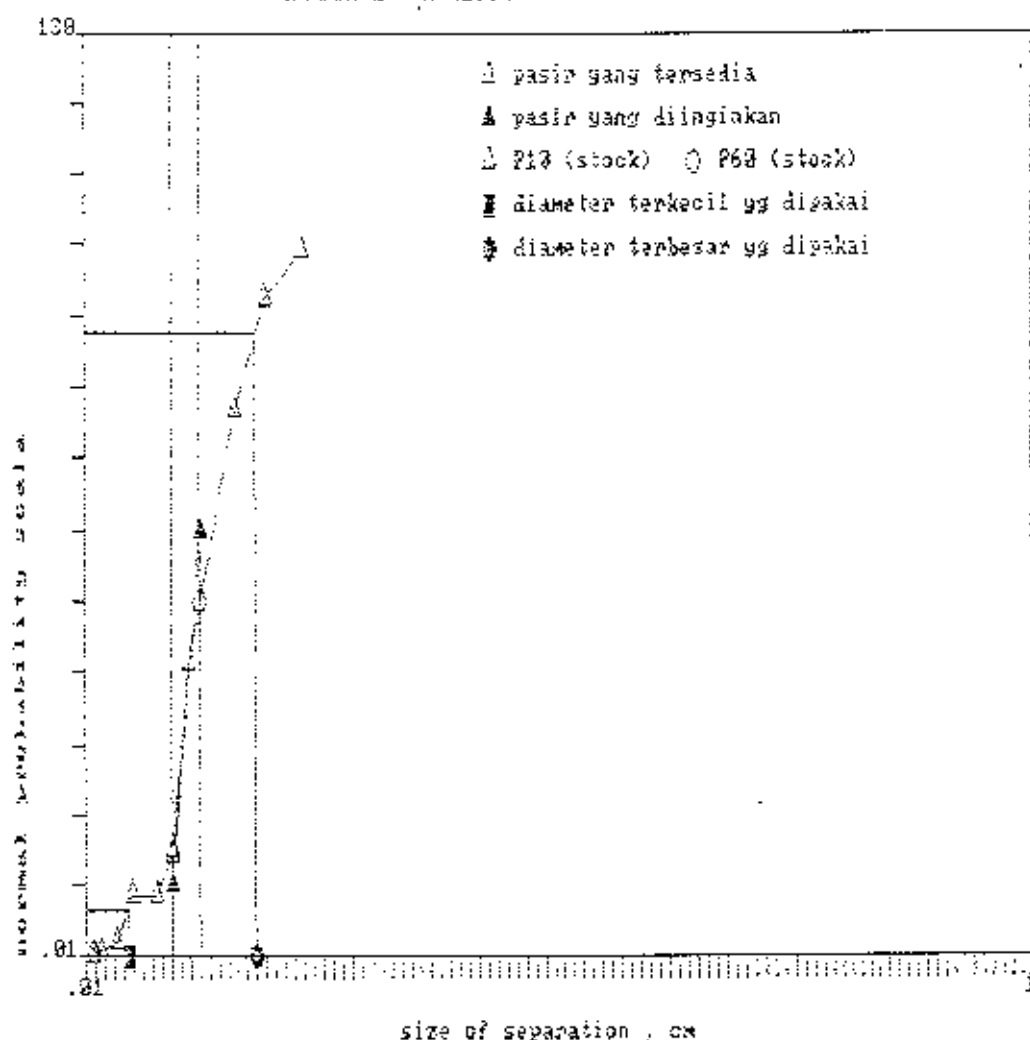
GRAFIK L-2 ANALISA AYAKAN ANTRASIT



Grafik L-3 ANALISA AYAKAN UNTUK MEDIA PASIR KWARSA TERSEDIA



GRAFIK L-4 ANALISA AYAKAN PASIR KHARSA



## LAMPIRAN 2

### Analisa Pengukuran Karakteristik Fisik Media

#### 1. Ketahanan Media

Analisa kehilangan atau pengurangan media akibat pengaruh asam (loss in acid) dilakukan untuk mengetahui ketahanan media yang akan digunakan pada filter terhadap adanya asam. Pada analisa ini masing-masing media yang akan digunakan direndam dalam larutan Hydrochloric Acid Solution (HCL) 20 % selama 24 jam. Media yang baik dan dapat digunakan sebagai media filter apabila berkurangnya berat akibat asam tidak kurang dari 2 %.

##### 1.1 Prosedur Analisa

- Membersihkan masing-masing media dari kotoran-kotoran yang menempel, panaskan selama 24 jam pada suhu  $105^{\circ}\text{C}$  ;
- Menimbang masing-masing media sebanyak 50 gram;
- Memasukkan dalam tabung atau botol, kemudian isi dengan hydrochloric acid solution hingga semua media terendam;
- Membiarkan selama 24 jam;
- Mengambil media, kemudian cuci dengan air bersih;
- Mengeringkan selama 24 jam;
- Menimbang berat yang ada.

## 1.2 Hasil Analisa

### Jenis Media:

#### ■ Pasir Kwarsa:

Berat awal = 50 gram

Berat akhir = 49,18 gram

Loss in acid =  $\frac{50-49,18}{50} \times 100 \%$   
= 1,64

#### ■ Antrasit :

Berat awal = 50 gram

Berat akhir = 49,69 gram

Loss in acid =  $\frac{50-49,69}{50} \times 100 \%$   
= 0,62

## 2. DENSITAS MEDIA

### 2.1 Prosedur Analisa

- Membersihkan masing-masing media dari kotoran-kotoran yang menempel, panaskan selama 24 jam pada suhu 105° C hingga media kering;
- Menimbang masing-masing media sebanyak 50 gram;
- Masukkan dalam gelas ukur;
- Menambahkan air 100 ml kedalam gelas ukur;
- Membaca volume air dan media pada gelas ukur;

## 2.2 Hasil Analisa

### Jenis Media

#### ■ Antrasit :

$$\text{Berat awal} = 50 \text{ gram}$$

$$\text{Volume air sebelum penambahan} = 100 \text{ ml}$$

$$\text{Volume air setelah penambahan} = 140 \text{ ml}$$

$$\text{Jadi densitas} = \frac{50 \text{ gr}}{(140-100) \text{ ml}} = 1,25 \text{ kg/lt}$$

$$\text{Spesifik gravity} = \frac{1,25}{0,9996} = 1,255$$

#### ■ Pasir Kwarsa :

$$\text{Berat awal} = 50 \text{ gram}$$

$$\text{Volume air sebelum penambahan} = 100 \text{ ml}$$

$$\text{Volume air setelah penambahan} = 190 \text{ ml}$$

$$\text{Jadi densitas} = \frac{50 \text{ gr}}{(190-100) \text{ ml}} = 2,63 \text{ kg/lt}$$

$$\text{Spesifik gravity} = \frac{2,63}{0,9996} = 2,64$$

## 3. Porositas

Data hasil pengukuran porositas adalah :

### Jenis Media :

#### ■ Antrasit :

$$\text{Volume total media} = 600 \text{ ml}$$

$$\text{Volume rongga} = 276 \text{ ml}$$

$$\text{Jadi porositas} = \frac{276}{600} = 0,46$$

▪ Pasir Kwarsa :

Volume total media = 600 ml

Volume rongga = 228 ml

Jadi porositas =  $\frac{228}{600}$  = 0,38



## LAMPIRAN 3

### Analisa Permanganat Value

#### 1. Reagen ( pereaksi )

##### 1.1 Larutan $\text{KMnO}_4$ 0,10 N (stock)

- ◆ melarutkan 3,16 gr  $\text{KMnO}_4$  dalam 1 liter aquades ;
- ◆ mendidihkan selama 10 -15 menit ;
- ◆ menyimpan diruangan gelap / tertutup selama 3 hari ;
- ◆ menyaring dengan menggunakan glasswool .

##### 1.2 Larutan $\text{KMnO}_4$ 0,01 N

- ◆ memipet larutan stock  $\text{KMnO}_4$  0,1 N sebanyak 100 ml ;
- ◆ mengencerkannya dengan aquades sampai 1 liter .

##### 1.3 Larutan Asam oksalat 0,1 N

- ◆ menimbang dengan teliti 6,30 gr asam oksalat p.a
- ◆ melarutkan dalam labu ukur 1 liter dengan aquades ditambah asam sulfat 4 N ;
- ◆ mengencerkannya sampai tanda batas.

#### 1.4 Larutan Asam oksalat 0,01 N

- ◆ memipet larutan asam oksalat 0,1 N sebanyak 100 ml ;
- ◆ menambahkan 10 ml asam sulfat 4 N ;
- ◆ mengencerkan dengan aquades dalam labu ukur 1 liter.

#### 1.5 Larutan Asam sulfat 4 N bebas zat organik

- ◆ mengencerkan 111 ml asam sulfat pekat dengan aquades sampai volume 1 liter ;
- ◆ menambahkan larutan permanganat 0,01 N sampai warna rose ;
- ◆ mendidihkan selama 10 menit ;
- ◆ jika warna rose hilang, tambahkan permanaganat 0,01 N kembali.

#### 2. Peralatan

- ◆ erlemeyer ;
- ◆ pro pipet ;
- ◆ buret titrasi ;
- ◆ pemanas ;
- ◆ pipet volume ;
- ◆ penjepit .

### 3. Prosedur Analisa

#### 3.1 Pembebasan Erlenmeyer dari zat organik

- ◆ mengisi erlenmeyer dengan aquades ;
- ◆ menambahkan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai warna ungu ;
- ◆ memanaskan selama 10 menit ;
- ◆ jika warna hilang, tambahkan lagi  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai warna tetap ungu .

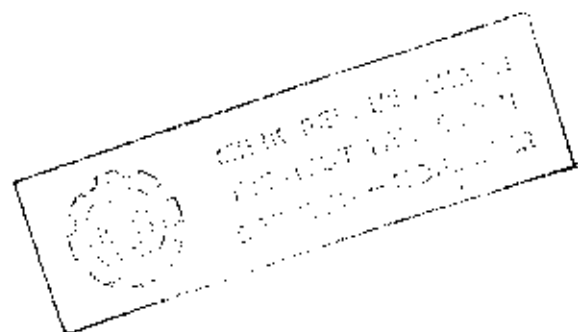
#### 3.2 Penentuan / pemeriksaan Normalitas $\text{KMnO}_4$

- ◆ menambahkan 2 - 3 ml asam oksalat kedalam erlenmeyer ;
- ◆ mengencerkannya dengan aquades sampai volume 100 ml ;
- ◆ menambahkan asam sulfat 4 N sebanyak 2 ml ;
- ◆ memanaskan pada temperatur 70 C sampai mendidih ;
- ◆ menitrasi dengan  $\text{KMnO}_4$  sampai terbentuk warna rose ;
- ◆ mencatat ml titran dari  $\text{KMnO}_4$  .

#### 3.3 Analisa Penentuan Peramanaganat Value

- ◆ mengambil 25 ml sampel dan dimasukkan kedalam erlenmeyer yang telah bebas zat organik ;
- ◆ menambahkan 2 ml asam sulfat 4 N bebas organik kedalam erlenmeyer ;
- ◆ menambahkan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N beberapa ml sampai terbentuk warna rose / merah muda ;

- ◆ memanaskannya sampai mendidih ;
- ◆ menambahkan  $\text{KMnO}_4$  0,01N sebanyak 10 ml kedalam sampel ;
- ◆ memanaskannya kembali sampai kira-kira 10 menit ;
- ◆ bilamana selama pemanasan warna rose hilang, tambahkan lagi  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai timbul warna rose ;
- ◆ menambahkan asam oksalat 0,1 N sebanyak 1 ml pada sampel sampai warna rose hilang ;
- ◆ melakukan titrasi segera dengan  $\text{KMnO}_4$  0,01 N sampai timbul warna rose pertama ;
- ◆ mencatat ml titran  $\text{KMnO}_4$  0,01 N yang dibutuhkan .



## LAMPIRAN 4

## Kurva Kalibrasi Permanganat Value

Kurva kalibrasi adalah kurva yang dibuat dari beberapa larutan standard yang telah diketahui konsentrasinya dan telah dikalibrasikan. Kurva kalibrasi diperlukan untuk mengetahui konsentrasi dari sampel yang telah dianalisa. Hasil kalibrasi larutan-larutan standard yang diperoleh kemudian dibuat suatu persamaan regresi dan garis regresi liniernya.

Langkah-langkah pembuatan kurva kalibrasi adalah sebagai berikut :

1. mempersiapkan beberapa larutan standard yang telah diketahui konsentrasinya ;
2. melakukan analisa terhadap larutan tersebut sesuai dengan metode yang ada ;
3. dari hasil kalibrasi akan didapat nilai permanganat value dari masing-masing larutan tersebut ;
4. dari data konsentrasi larutan dan nilai permanganat value dibuat suatu persamaan regresi

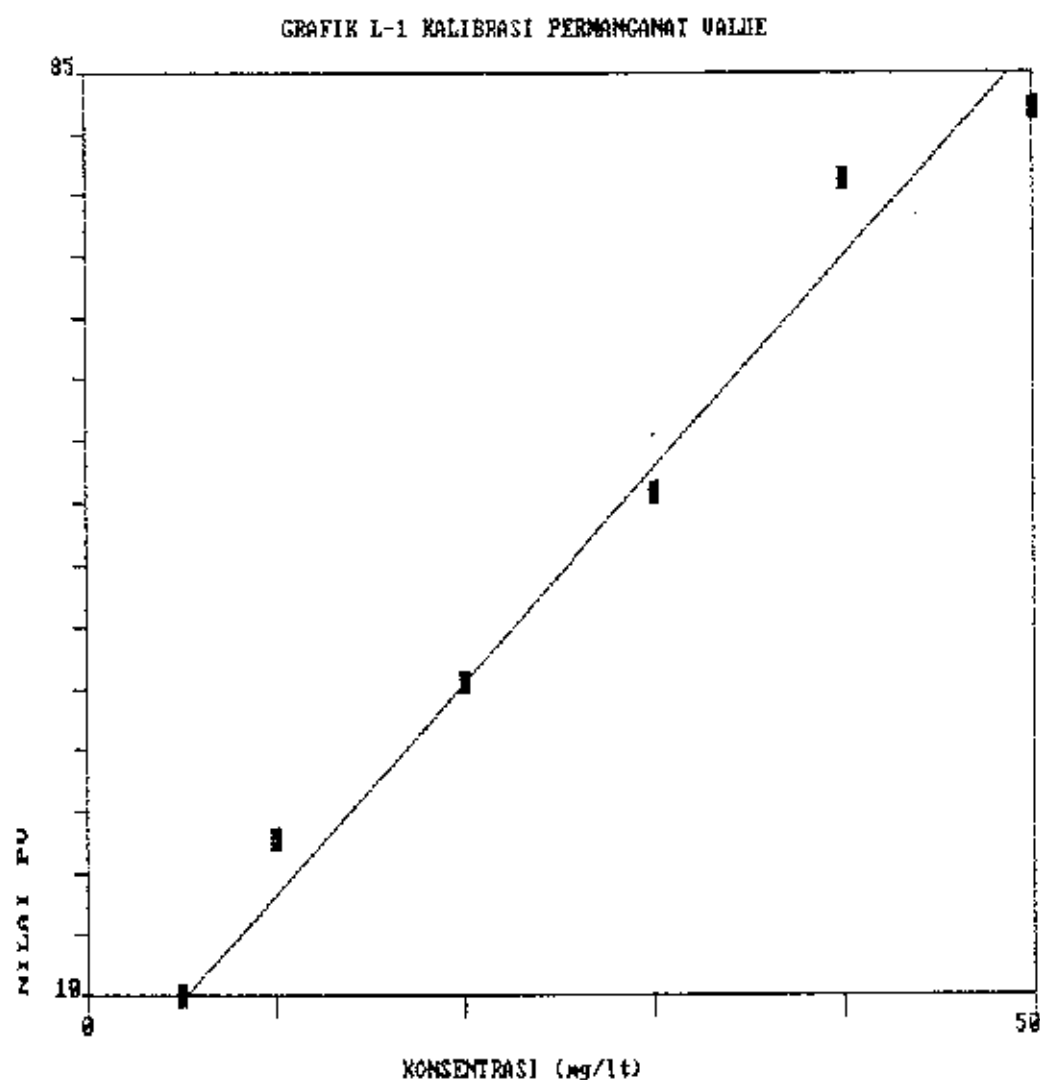
$$y = ax + b ,$$

dimana  $y$  = volume  $\text{KMnO}_4$  yang dibutuhkan( ml );

$x$  = konsentrasi larutan ( mg/l )

$a$  = koefisien  $x$

$b$  = konstanta regresi



THE REGRESSION POLYNOMIAL OF LINE 1 -

$$( 9.649E-01 ) + ( 1.725E+00 ) * X$$

THE VARIANCE - 8.740E+00

TABEL L-1 KALIBRASI PV

KONSENTRASI mg/l	NILAI PV
5,0	10,08
10,0	22,89
20,0	35,62
30,0	50,88
40,0	76,32
50,0	82,16

## LAMPIRAN 5

### Analitical Quality Control

#### 1. Umum

Analitical Quality Control (AQC) diperlukan untuk mengontrol kualitas dan keakuratan data suatu penelitian. Disamping itu Analitical Quality Control juga berguna untuk mengontrol cara kerja analis yang benar sesuai dengan prosedur dan metoda yang dipakai, mengoreksi reagen serta kalibrasi peralatan yang digunakan. Oleh karena itu Analitical Quality Control merupakan bagian yang penting dari rangkaian kegiatan dalam mengontrol kualitas data. Data hasil pengukuran dinyatakan tepat apabila selisih antara nilai rata-rata data hasil pengukuran dengan nilai sebenarnya tidak lebih dari standard deviasinya. Apabila data hasil pengukuran dinyatakan teliti, jika penyebaran hasil pengukuran disekitar nilai rata-rata ( $\bar{x}$ ) dan tidak melebihi range batas atas dan batas bawah yang biasanya dinamakan dengan standard deviasi. Oleh karena itu ketepatan dan ketelitian data kualitas air menunjukkan mutu dari data penelitian.

#### 2. Prosedur AQC

Langkah-langkah yang diperlukan dalam melakukan Analitical Quality Control adalah sebagai berikut :



- ◆ Membuat reagen yang diperlukan untuk test permanganat value ( PV ) ;
- ◆ Melakukan pembebasan alat-alat yang akan digunakan dari zat-zat organik ;
- ◆ Membuat sampel air sebanyak 30 macam dengan konsentrasi yang sama, kemudian dilakukan pengukuran terhadap kandungan permanganat ;
- ◆ Mencari nilai rata-rata dari ke-30 data yang ada, dan selanjutnya dibuat suatu histogram. Kemudian menghitung selisih nilai rata-rata dengan nilai konsentrasi yang sebenarnya , dan apabila nilai ini tidak melebihi standard deviasinya, maka data tersebut cukup tepat ;
- ◆ Membuat control chart dari histogram diatas, dan jika dari hasil pengukuran penyebaran data disekitar nilai rata-rata pada control chart tidak melebihi batas atas (  $\bar{x} + 2\sigma$  ) dan batas bawah (  $\bar{x} - 2\sigma$  ) maka data dapat dikatakan teliti dan penelitian dapat terus dilakukan.

### 3. Kesalahan Pelaksanaan Analisa

Dalam melaksanakan analisa di laboratorium sering timbul kesalahan yang tidak diinginkan, namun hal ini dapat dihindari dengan memperbaiki suasana lingkungan kerja di laboratorium maupun kalibrasi terhadap peralatan yang akan digunakan. Selain daripada itu metode lain untuk menghindari kesalahan dalam analisa yaitu :

- ◆ melakukan kebiasaan kerja yang bersih dan teratur ;

- ◆ memperbaiki kesalahan-kesalahan individu dengan jalan mengikuti prosedur kerja dengan disiplin ;
- ◆ melakukan pemeriksaan alat serta mengkalibrasinya secara teratur ;
- ◆ peralatan-peralatan yang akan digunakan untuk analisa harus bebas dari kontaminasi serta harus benar cara pemakaiannya.

TABEL L-1 HASIL AQC PV

NO	VOLUME KMNO <sub>4</sub>	PERMANENT VALUE (mg/l)
1	2,90	35,45
2	2,91	35,50
3	2,92	35,61
4	2,92	35,61
5	2,93	35,75
6	2,93	35,75
7	2,924	35,70
8	2,90	35,45
9	2,91	35,50
10	2,92	35,61
11	2,92	35,61
12	2,91	35,50
13	2,90	35,45
14	2,91	35,50
15	2,92	35,61
16	2,91	35,50
17	2,924	35,70
18	2,93	35,75
19	2,924	35,70
20	2,92	35,61
21	2,91	35,50
22	2,90	35,45
22	2,91	35,50
24	2,92	35,61
25	2,92	35,61
26	2,93	35,75
27	2,93	35,75
28	2,92	35,61
29	2,924	35,70
30	2,92	35,61

Perm.Value = 35,61 mg/lit

Ratarata = 35,596

S.Deviasi = 0,1039

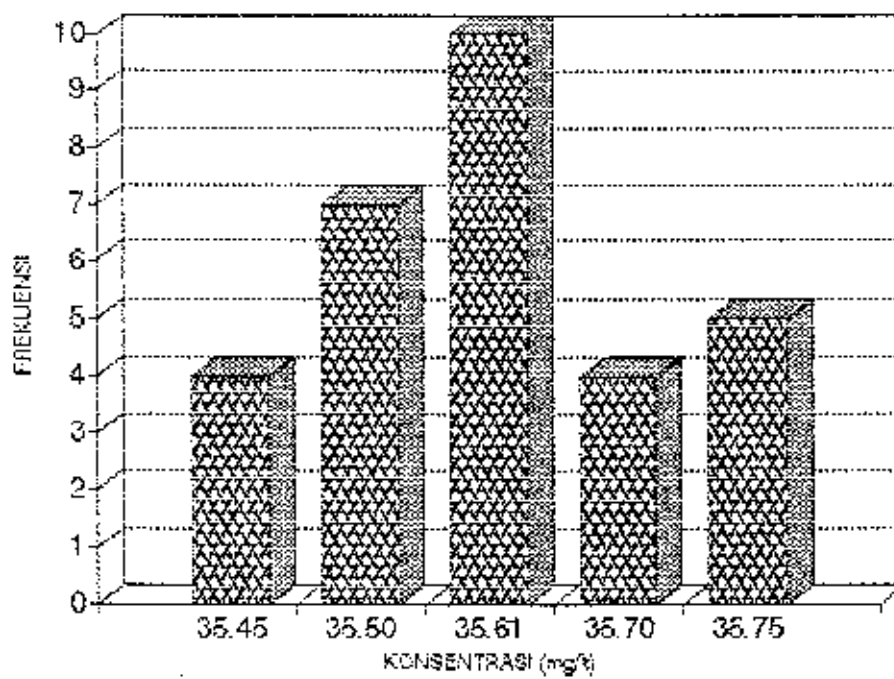
Maksimum = 35,75

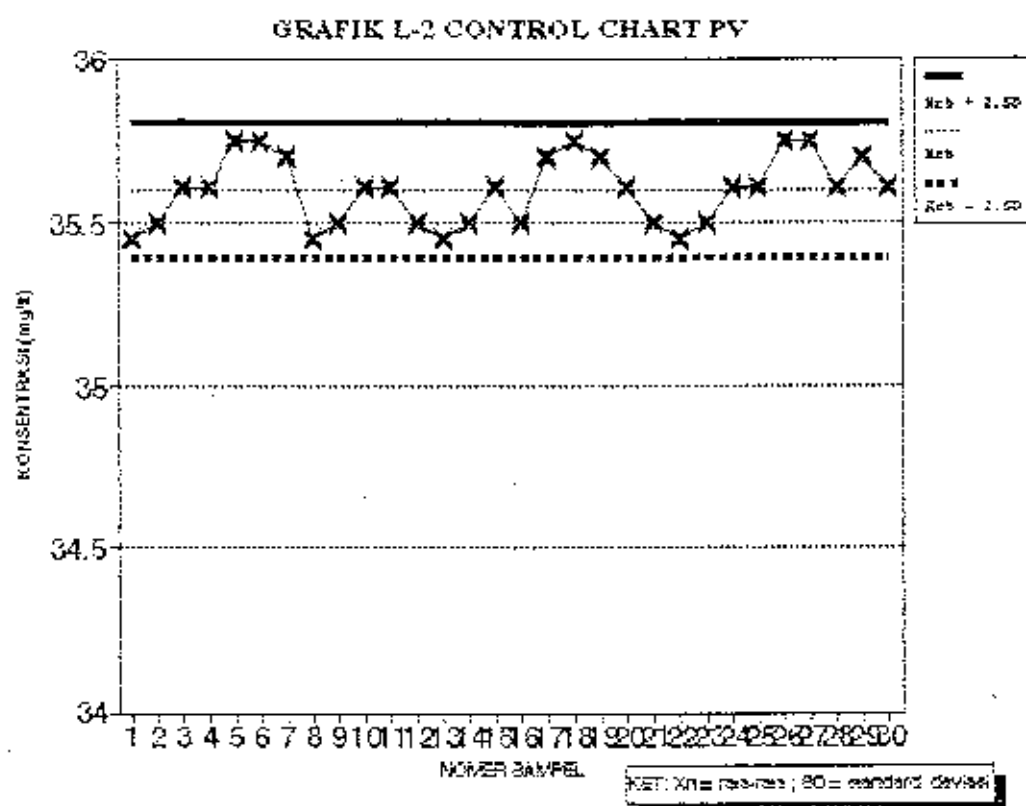
Minimum = 35,45

TABEL L-2 DISTRIBUSI FREKUENSI PV

KONSENTRASI (mg/l)	FREKUENSI
35,45	4
35,50	7
35,61	10
35,70	4
35,75	5

GRAFIK L-1 DISTRIBUSI FREKUENSI AQC PV





## LAMPIRAN 6

### Analisa Dissolved Oksigen

#### 1. Pereaksi ( reagen )

##### 1.1 Larutan Mangansulfat ( $\text{MnSO}_4$ )

- ◆ melarutkan 480 gr  $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$  atau 400 gr  $\text{MnSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$  atau 364 gr  $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$  dalam larutan air suling pada labu ukur 1 liter ;

##### 1.2 Indikator amylum 0,5 %

- ◆ melarutkan 5 gr kanji kedalam labu ukur berisi air suling dan diencerkan sampai volume 1 liter ;
- ◆ memanaskan selama 2 menit hingga larutan jernih ;
- ◆ mendinginkan dan mengawetkan dengan 1,52 gr asam salisilik.

##### 1.3 Larutan Thiosulfat 0,0125 N

- ◆ menimbang 6,205 gr  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$  ;
- ◆ melarutkan dalam labu ukur dengan air suling hingga volume 1 liter ;
- ◆ mengawetkannya dengan menambahkan 0,25 gr NaOH .

## 2. Peralatan

- ◆ botol winkler ;
- ◆ erlemeyer ;
- ◆ buret titrasi ;
- ◆ labu ukur ;
- ◆ pipet volume ;
- ◆ pro pipet ;

## 3. Prosedur Analisa Dissolved Oksigen

- ◆ mengambil sampel kedalam botol winkler hingga penuh dan tidak timbul gelembung udara ;
- ◆ menambahkan 1 ml larutan  $\text{MnSO}_4$  ;
- ◆ menambahkan pereaksi oksigen sebanyak 1 ml ;
- ◆ menutup kembali botol winkler dengan hati-hati dan mengocoknya ;
- ◆ membiarkan gumpalan yang terjadi mengendap sampai kira-kira 10 menit ;
- ◆ menambahkan asam sulfat pekat sebanyak 1 ml dan menggoyang botol hingga semua endapan melarut ;
- ◆ mengambil 100 ml dan dimasukkan dalam erlemeyer ;
- ◆ menambahkan indikator amylum beberapa tetes sampai timbul warna biru ;

- ◆ menitrasi dengan larutan thiosulfat 0,0125 N sampai warna menjadi hilang / jernih ;
- ◆ mencatat banyaknya volume titran yang dibutuhkan .



## LAMPIRAN 7

## Contoh Perhitungan Kebutuhan Udara

Dari penelitian Q udara yang digunakan adalah 1000 cc/menit = 1 lt/menit

Jika diketahui  $\rho$  udara = 1164,8 mg/lt dengan 21%  $O_2$  berada didalamnya dan mempunyai efisiensi kelarutan 10 %, maka :

$$\begin{aligned} \text{Masa udara} &= Q \text{ udara} \times \rho \\ &= 1 \text{ lt/menit} \times 1164,8 \text{ mg/lt} \times 0,21 \times 0,1 \\ &= 0,0000244608 \text{ kg } O_2 / \text{menit} \end{aligned}$$

Pada kecepatan 4 m/jam, dan konsentrasi = 20 mg/lt (media antrasit):

Jika Q air = 1,5 lt/menit

$$\begin{aligned} \text{Oksigen yang digunakan} &= DO_{in} - DO_{out} + O_2 \text{ transfer} \\ &= ((7,8 - 6,8) \times 1,5) + 0,0000244608 \\ &= 2,59608 \cdot 10^{-3} \text{ kg } O_2 / \text{menit} \\ &= 25,9608 \text{ mg. } O_2 / \text{menit} \end{aligned}$$

Table Hasil Pengamatan

TABEL 1-1 REDUKSI KONSENTRASI ORGANIK

Konsentrasi Influent = 20 mg/lit, Media Antrasit

Time (hr)	Tahap 1 (0-10 jam)		Tahap 2 (10-20 jam)		Tahap 3 (20-30 jam)		Tahap 4 (30-40 jam)	
	Effluent (mg/l)	pH	DOC	Effluent (mg/l)	pH	DOC	Effluent (mg/l)	pH
0	20,00	7,60	7,80	20,00	7,58	7,42	20,00	7,67
2	17,50	7,58	7,70	18,00	7,58	7,35	19,20	7,65
4	15,85	7,58	7,55	17,20	7,57	7,35	18,50	7,65
6	12,40	7,56	7,34	13,40	7,57	7,30	15,40	7,64
8	9,80	7,56	7,21	10,00	7,55	7,00	12,50	7,64
10	5,50	7,55	7,12	6,40	7,55	7,00	10,50	7,63
12	3,80	7,55	7,00	4,20	7,53	7,00	8,45	7,62
14	2,30	7,56	7,00	2,90	7,52	6,90	5,20	7,62
16	1,35	7,55	7,00	2,00	7,52	6,90	4,00	7,62
18	1,30	7,56	6,90	2,00	7,52	6,90	2,25	7,60
20	0,90	7,54	6,85	1,50	7,50	6,68	1,80	7,60
22	0,75	7,54	6,85	0,90	7,50	6,68	1,50	7,58
24	0,50	7,53	6,85	0,78	7,50	6,68	1,00	7,58
26	0,50	7,50	6,85	0,60	7,48	6,68	0,90	7,57
28	0,60	7,50	6,70	0,70	7,48	6,30	1,05	7,57
30	0,65	7,48	6,70	0,90	7,47	6,30	1,25	7,56
32	0,25	7,48	6,70	1,00	7,47	6,25	1,40	7,55
34				1,20	7,47	6,25	1,60	7,54

DO

pH

Effluent (mg/l)

DOC

pH

Effluent (mg/l)

DOC

pH

Effluent (mg/l)

DOC

**TABEL 1-2 REDUKSI KONSENTRASI ORGANIK**

Konsentrasi Inisial = 40 mg/l, Media Agitasil

Jarak Km	Pada 4 minggu		Pada 8 minggu		Pada 12 minggu		Pada 16 minggu	
	Effluent (mg/l)	pH	DO	Effluent (mg/l)	pH	DO	Effluent (mg/l)	pH
0	40,00	7,68	1,75	40,00	7,75	7,30	40,00	7,70
2	35,50	7,68	3,70	36,70	7,72	7,28	36,70	7,68
4	31,55	7,65	7,55	32,75	7,62	7,10	33,00	7,65
6	27,75	7,65	6,50	28,50	7,65	6,25	29,50	7,65
8	22,50	7,64	6,50	23,00	7,60	6,82	24,00	7,64
10	15,55	7,55	6,25	16,40	7,55	6,80	18,00	7,63
12	10,20	7,55	6,00	12,85	7,53	6,66	13,25	7,62
14	6,50	7,55	6,00	7,25	7,52	6,65	9,00	7,42
16	2,80	7,55	5,85	4,20	7,52	6,00	6,25	7,62
18	1,90	7,55	5,80	3,75	7,52	5,60	4,80	7,62
20	1,55	7,54	5,80	2,00	7,50	5,69	3,00	7,60
22	1,55	7,54	5,70	2,00	7,50	5,69	2,00	7,58
24	1,60	7,53	5,70	1,90	7,50	5,69	1,95	7,58
26	1,65	7,50	5,70	1,90	7,48	5,56	1,95	7,57
28	1,65	7,50	5,70	2,00	7,48	5,40	2,10	7,57
30	1,70	7,50	5,70	2,00	7,48	5,40	2,10	7,56
32							2,20	7,56
34								

**TABEL 1-3 REDUKSI KONSENTRASI ORGANIK**

Konsentrasi Influent = 60 mg/lit, Media Artrasit

Jenis uji	Plate = 4 (mg/l)			Plate = 6 (mg/l)			Plate = 8 (mg/l)		
	Influent (mg/l)	pH	DO	Influent (mg/l)	pH	DO	Influent (mg/l)	pH	DO
0	60,00	7,70	7,80	60,00	7,80	7,35	60,00	7,82	7,20
2	56,60	7,70	7,75	57,60	7,77	7,35	58,00	7,80	7,16
4	51,45	7,65	7,70	52,40	7,70	7,10	52,45	7,75	7,14
6	46,20	7,65	6,50	46,25	7,65	6,85	48,80	7,70	7,10
8	36,75	7,64	6,50	38,90	7,60	6,82	43,00	7,64	7,00
10	28,50	7,60	6,25	30,50	7,55	6,80	39,60	7,63	6,90
12	20,85	7,60	6,00	23,65	7,53	6,65	32,65	7,62	6,90
14	14,50	7,56	6,00	16,50	7,52	6,65	30,00	7,62	6,88
16	8,50	7,56	6,00	10,30	7,52	6,60	25,20	7,62	6,88
18	6,25	7,56	5,80	6,50	7,52	5,87	22,80	7,62	6,86
20	3,00	7,54	5,80	4,30	7,50	5,68	14,60	7,60	6,86
22	3,00	7,54	5,75	3,25	7,50	5,60	10,75	7,58	5,88
24	2,50	7,53	5,70	2,70	7,50	5,30	8,85	7,58	5,50
26	1,90	7,50	5,68	2,00	7,50	5,20	8,95	7,58	5,14
28	1,90	7,38	5,68	2,00	7,50	5,20	10,20	7,57	5,10
30	2,20	7,38	5,68	2,30	7,50	5,30	10,20	7,55	5,10
32									
34									

**TABEL 1.4 REDUKSI KONSENTRASI ORGANIK**

Konsentrasi influent = 20 mg/l, Media Pasir Kwatsa

Jangka Waktu	Hari ke-4 (mg/l)				Hari ke-6 (mg/l)				Hari ke-8 (mg/l)			
	Effluent (mg/l)	pH	DO	Influent (mg/l)	Effluent (mg/l)	pH	DO	Influent (mg/l)	Effluent (mg/l)	pH	DO	Influent (mg/l)
0	20,00	7,70	7,85	20,00		7,60	7,18	20,00	20,00	7,72	7,12	20,00
2	18,50	7,68	7,70	19,50		7,58	7,16	20,00	20,00	7,68	7,05	20,00
4	17,00	7,60	7,70	18,50		7,57	7,10	19,00	19,00	7,65	6,96	19,00
6	14,25	7,60	6,50	17,00		7,56	6,85	17,50	17,50	7,64	6,92	17,50
8	10,45	7,58	6,25	10,85		7,55	6,82	16,00	16,00	7,66	6,92	16,00
10	7,80	7,55	6,25	8,50		7,55	6,80	10,30	10,30	7,63	6,90	10,30
12	6,50	7,55	6,00	7,00		7,53	6,65	7,85	7,85	7,62	6,90	7,85
14	5,00	7,55	6,00	5,45		7,52	6,65	6,10	6,10	7,62	6,88	6,10
16	3,25	7,55	5,85	4,25		7,52	6,04	5,95	5,95	7,62	6,85	5,95
18	2,30	7,55	5,85	4,25		7,52	5,90	4,25	4,25	7,60	6,90	4,25
20	2,00	7,54	5,85	2,50		7,50	5,90	3,00	3,00	7,60	5,86	3,00
22	2,00	7,54	5,80	2,50		7,52	5,83	2,85	2,85	7,57	5,86	2,85
24	2,50	7,53	5,80	2,40		7,50	5,80	2,50	2,50	7,57	5,67	2,50
26	2,75	7,50	5,80	2,40		7,48	5,68	2,85	2,85	7,57	5,67	2,85
28	2,75	7,59	5,70	2,30		7,48	5,68	3,00	3,00	7,57	5,67	3,00
30	3,00	7,46	5,70	3,20		7,49	5,68	3,25	3,25	7,55	5,67	3,25
32				3,20		7,48	5,55	3,25	3,25	7,55	5,43	3,25
34				3,20		7,47	5,55	3,50	3,50	7,54	5,30	3,50





# Tabel L-7 Distribusi Tekanan

Untuk Konsentrasi Organik = 20 mg/l dan  $V = 4$  m<sup>3</sup>/jam, Media Antrasit

Jam	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9
0	110	100	95,6	91,5	89,2	85,6	82,8	81,6	80,0
2	109	97,3	94,2	86,5	86,2	83,4	80,1	78,3	76,5
4	109,5	96,0	92,0	83,2	84,3	82,3	80,6	77,9	75,2
6	109	95,1	90,5	85,2	82,4	80,4	79,3	77,0	74,0
8	109,2	93,6	87,2	83,3	80,5	76,8	78,0	76,7	73,0
10	109	93,0	85,6	80,5	78,3	75,5	74,3	73,6	70,6
12	110	92,4	83,4	76,3	75,2	72,5	70,3	70,2	67,4
14	109	91,5	82,0	76,2	73,2	69,0	68,2	67,6	64,2
16	109,2	90,5	79,6	73,6	70,0	67,5	66,6	64,2	60,0
18	109,5	90,0	79,0	70,3	68,3	64,3	62,5	60,8	57,8
20	109,5	89,3	78,2	69,3	66,4	60,3	58,3	57,6	54,6
22	109	88,0	77,3	67,3	63,2	56,3	56,3	55,5	50,0
24	109,4	87,6	76,2	65,6	60,3	57,2	55,2	52,8	49,2
26	110	86,2	75,4	64,3	59,3	55,5	53,2	50,4	46,4
28	109	85,6	73,2	63,2	57,2	54,3	50,5	48,5	44,5
30	108	84,6	72,6	61,2	56,3	53,3	48,3	46,0	43,0
32	109,5	83,6	70,2	59,6	55,2	52,7	47,6	44,0	41,2



Tabel L-8 Distribusi Tekanan

Untuk Konsentrasi Organik = 40 mg/l, dan  $V = 6$  ml/jam, Media Antrasil

Jam	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9
0	109,5	99,6	93,8	92,2	86,8	87	84,5	82,6	79,5
2	109,0	96,5	90,5	88,0	83,5	84,0	80,0	78,6	75,0
4	109,5	95,0	87,2	86,5	84,5	80,5	78,5	76,2	72,5
6	109,5	94,5	85,4	83,4	82,3	78,2	75,2	74,5	70,0
8	110	93,4	84,5	81,2	79,0	75,6	73,8	71,6	67,8
10	110	93,0	82,6	78,2	75,5	70,0	68,4	65,8	62,4
12	109,5	92,8	81,0	75,0	72,0	67,6	64,6	62,6	60,0
14	109,5	92,7	80,0	73,5	67,8	62,4	60,0	60,0	58,6
16	109,2	92,6	79,5	69,6	61,8	59,6	59	57	56,5
18	109,0	92,0	78,5	68,0	59,0	57,6	57,9	55,6	54,4
20	109,0	91,6	78,0	67,0	58,4	56,0	55,6	54,6	52,0
22	109,5	91,4	76,5	65,6	57,2	54,5	52,4	52,0	50,0
24	109,6	90	75,6	64,2	56,8	53	50,6	50	48,7
26	109,0	89,0	73,6	62,0	54,0	50,0	48,0	46,5	45,5
28	109,0	87,5	70,7	60,0	52,5	47,4	45,0	43,0	42,0
30	110	86,2	68,8	57,8	50	44,5	42,2	41,2	40

### Tabel L-9 Distribusi Tekanan

Untuk Konsentrasi Organik = 60 mg/lit, dan  $V = 8$  m<sup>3</sup>/jam, Media Antrasit

Jam	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9
0	110	100,2	98,8	94	91,9	89	86,8	84,2	80,3
2	109,5	98,5	93,0	90,5	87,5	85,6	82,4	80,0	76,6
4	109,0	96,6	89,5	86,4	85,0	82,4	78,2	76,4	72,4
6	109,0	95,0	87,0	83,8	82,6	78,5	76,0	72,5	70,0
8	109,6	94,6	83,5	80,8	78,2	76	72,5	69,6	67
10	110,0	94,2	82,4	78,0	74,8	72,0	70,6	66,0	63,6
12	109,0	93,8	81,6	76,4	70,6	68,6	68,5	63,8	60,6
14	109,0	93,4	80,0	73,6	68,4	66,2	65,0	60,6	58,4
16	109,6	92	78,2	69,6	64,2	62,4	60	59,2	57
18	109,6	91,7	76,8	67,0	60,0	59,4	58,6	58,0	56,2
20	110,0	91,3	74,6	65,6	60,4	57,6	56,6	54,6	54,6
22	109,0	90,0	72,6	63,2	57,2	56,2	54,2	52,3	52,0
24	109,6	89,2	70,6	60,4	55,2	53	51,4	50	49
26	109,0	88,5	69,0	58,0	54,4	50,0	48,0	45,5	44,8
28	109,5	87,0	67,2	56,6	53,6	48,6	45,5	42,0	42,5
30	110	85,2	66,8	54,2	51	46,2	43	40,8	40

Tabel L-10 Distribusi Tekanan

Untuk Konsentrasi Organik = 20 mg/l, dan  $V = 4$  mjam, Media Pasir Kuarsa

Jam	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9
0	110	99,8	96,5	92,3	90,5	88	86,2	83,3	79,2
2	109,5	98,8	94,0	90,0	87,5	85,0	84,5	80	76,5
4	109,5	96,2	92,5	87,6	85,4	80,8	80,2	76,8	72,6
6	109,0	97,0	90,5	84,5	82,8	78,5	78,2	74,5	70,6
8	105,2	95,4	87	82,5	79,2	76,8	75	72,5	68,6
10	110,0	94,5	85,4	80,0	76,4	74,2	72,5	70,0	66,4
12	110,0	93,2	84,8	78,8	74,5	72,8	70,8	68,6	64,0
14	108,0	93,0	82,0	77,5	72,8	70,5	67,0	64,8	62,6
16	108,6	92,5	82,6	76,5	71,3	67,6	64,2	62,8	60
18	109,0	92,0	81,4	75,4	69,8	64,0	62,7	60,5	58,4
20	108,0	91,8	80,6	72,3	66,0	60,6	58,2	56,0	52,5
22	109,5	91,6	79,0	70,0	64,5	58,5	58,0	54,2	49,0
24	108,4	91,5	78	68,6	62,2	57,	54,5	52,2	48,8
26	109,0	91,0	77,4	67,0	62,4	56,8	52,2	48,0	44,3
28	109,0	90,6	76,0	66,4	60,0	54,0	51,0	46,4	43,0
30	109,5	89,2	75,6	64,8	57,9	52,6	49,2	45	42,2

**Tabel L-11: Distribusi Tekanan**

Untuk Konsentrasi Organik = 40 mg/l, dan V = 6 ml/jam, Media Pasir Kwarsa

Jam	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9
0	110	99,7	95,2	91,8	90,6	90	85,6	83,7	79,6
2	109,6	96,5	95,4	88,5	86,4	84,6	80,3	76,6	75,0
4	109,6	97,8	93,2	86,7	83,5	80,8	76,5	75,8	72,5
6	109,0	97,2	90,0	84,2	81,0	78,0	74,0	72,6	70,6
8	109,6	96,6	89,2	83,3	79,2	77,8	73,6	70	67,7
10	109,0	95,5	85,5	80,0	76,5	74,5	70,2	67,8	64,6
12	110,0	94,2	82,2	78,6	73,4	70,6	67,6	64,6	62,0
14	109,6	92,6	78,0	75,2	70,2	67,4	64,0	62,0	60,2
16	109,2	91,9	74,6	70,8	66,5	62,7	59,9	58	57,3
18	109,6	91,5	74,0	68,8	65,8	59,0	56,5	55,4	52,4
20	109,5	90,5	73,8	66,5	62,8	56,8	54,8	53,5	50,6
22	109,0	89,6	73,5	63,6	59,0	54,0	52,0	51,0	48,6
24	109	89	73	60,2	54,7	52,8	50	49,5	46
26	109,5	87,8	72,4	58,0	53,2	50,2	48,5	46,0	45,4
28	109,5	86,5	70,6	57,6	53,0	48,0	47,0	44,2	43,0
30	110	85,4	68,2	56	52	46,4	45,8	43,5	42

Tabel L-12 Distribusi Tekanan

Untuk Konsentrasi Organik = 60 mg/l, dan V = 8 m<sup>3</sup>/jam, Media Pasir Kwarsa

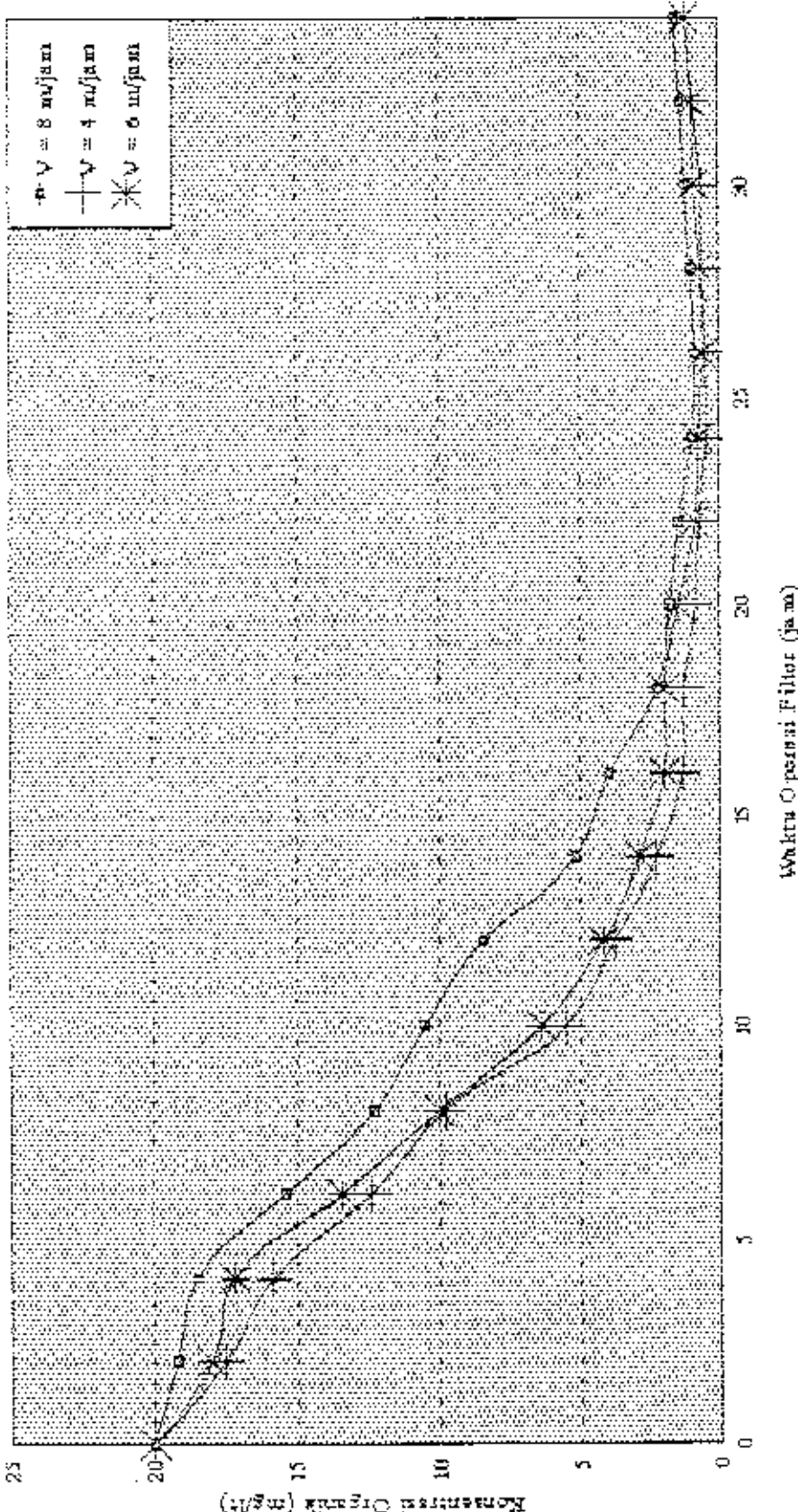
Jam	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9
0	110	99,8	95	92,2	89,6	87,5	86,3	80	80,3
2	110,2	96,5	92,6	89,4	86,8	83,6	80,0	77,5	75,2
4	109,0	95,6	88,7	85,2	82,6	80,5	78,2	74,8	72,8
6	109,5	94,0	85,8	83,0	80,5	78,2	75,5	72,6	70,4
8	109,0	93,0	82,8	80,2	77,6	75	73,2	70	67
10	110,0	92,9	80,6	78,5	74,4	72,4	70,6	67,4	65,6
12	108,9	92,0	79,0	75,5	70,2	68,8	67,5	64,6	63,4
14	109,2	91,2	78,5	72,0	65,0	65,0	64,0	62,4	60,8
16	110,0	90,8	77,4	68,3	63,2	62,9	60,6	59	57
18	109,3	90,5	76,8	65,6	60,2	58,4	57,6	56,8	54,8
20	108,9	90,0	72,2	62,4	58,6	56,5	55,8	52,0	52,6
22	103,0	89,5	70,0	60,0	56,0	54,0	53,0	50,6	50,0
24	109,6	89	68,7	59,2	54,8	52,8	50,5	47,2	49
26	110,0	86,8	67,8	56,5	53,2	50,2	48,2	45,2	46,4
28	109,3	83,5	66,0	54,2	52,0	48,0	46,0	43,0	42,6
30	109,0	80,3	65,2	52,8	50	47,3	45,4	42	40

**TABEL L - 13 REDUKSI ORGANIK PADA TIGA TITIK SAMPLING**

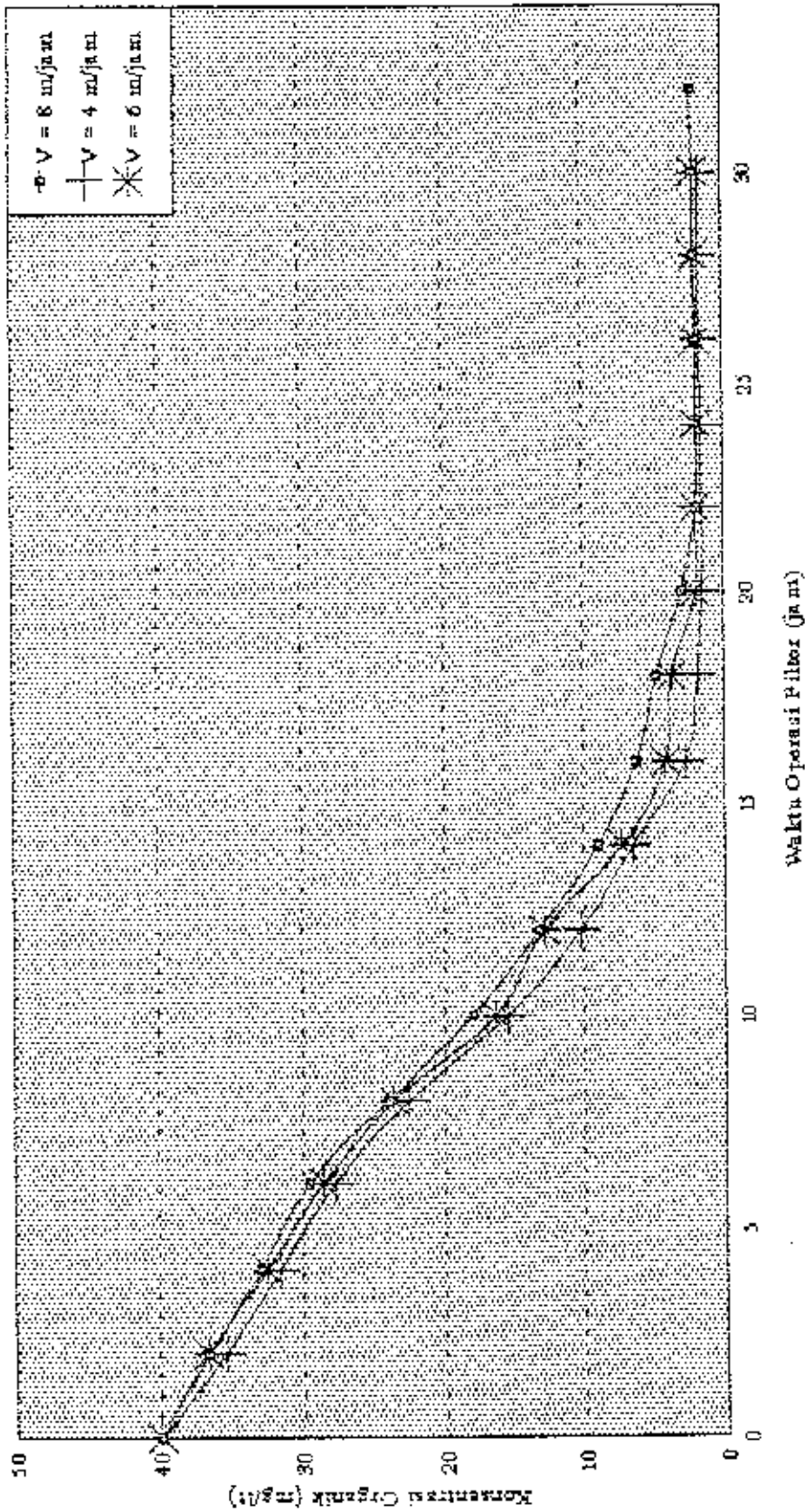
Konsentrasi Influent = 20 mg/ltr; Rate Filtrasi = 4 m/jam ;Media Antrasit

Jam Ke	Titik 1 (mg/ltr)	Titik 2 (mg/ltr)	Titik 3 (mg/ltr)	DO (mg/ltr)	pH
0	20,00	20,00	20,00	7,80	7,60
2	19,80	19,60	17,50	7,70	7,58
4	19,70	19,25	15,85	7,55	7,58
6	17,40	16,40	12,40	7,34	7,56
8	14,50	13,25	9,80	7,21	7,56
10	12,30	11,00	5,50	7,12	7,55
12	10,15	8,75	3,80	7,00	7,55
14	7,50	4,80	2,30	7,00	7,55
16	5,80	3,55	1,35	7,00	7,55
18	4,15	2,55	1,30	6,90	7,55
20	2,80	2,00	0,90	6,85	7,54
22	2,75	2,00	0,75	6,85	7,54
24	2,80	1,75	0,50	6,85	7,53
26	2,85	2,75	0,50	6,85	7,50
28	2,85	2,75	0,60	6,70	7,50
30	3,00	2,80	0,65	6,70	7,48
32	3,00	2,80	0,95	6,70	7,48

GRAFIK L-1 REMOVAL ORGANIK DGN WAKTU FILTRASI  
KONSENTRASI ORGANIK INFILUNT = 20 mg/l  
UNTUK WEDDIA ANTREASIT

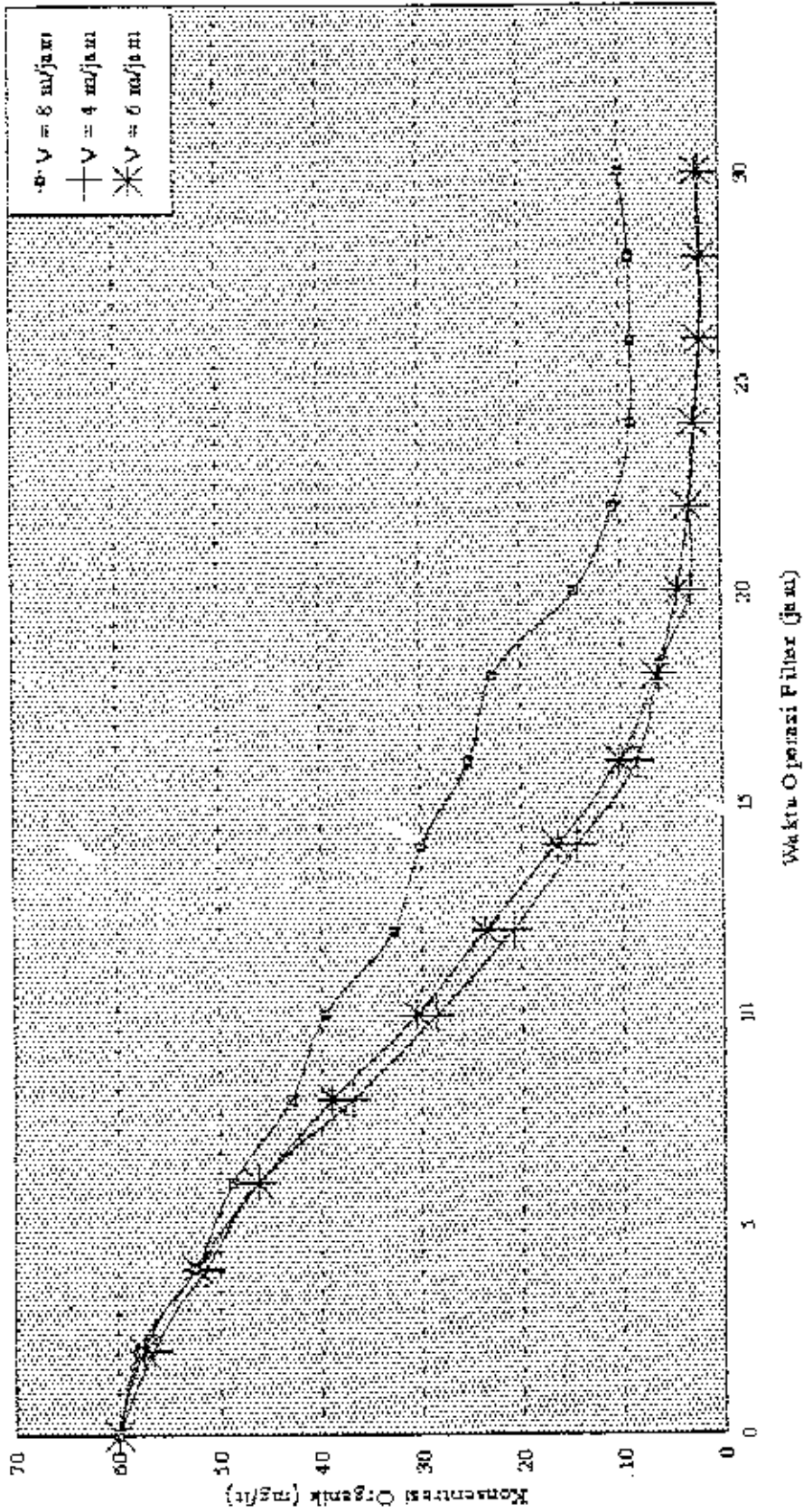


GRAFIK 1.2 REMOVAL ORGANIK DARI WAKTU FILTRASI  
 KONSENTRASI ORGANIK AWAL = 40 mg/l  
 UNTUK MEDIA ANTRASIT

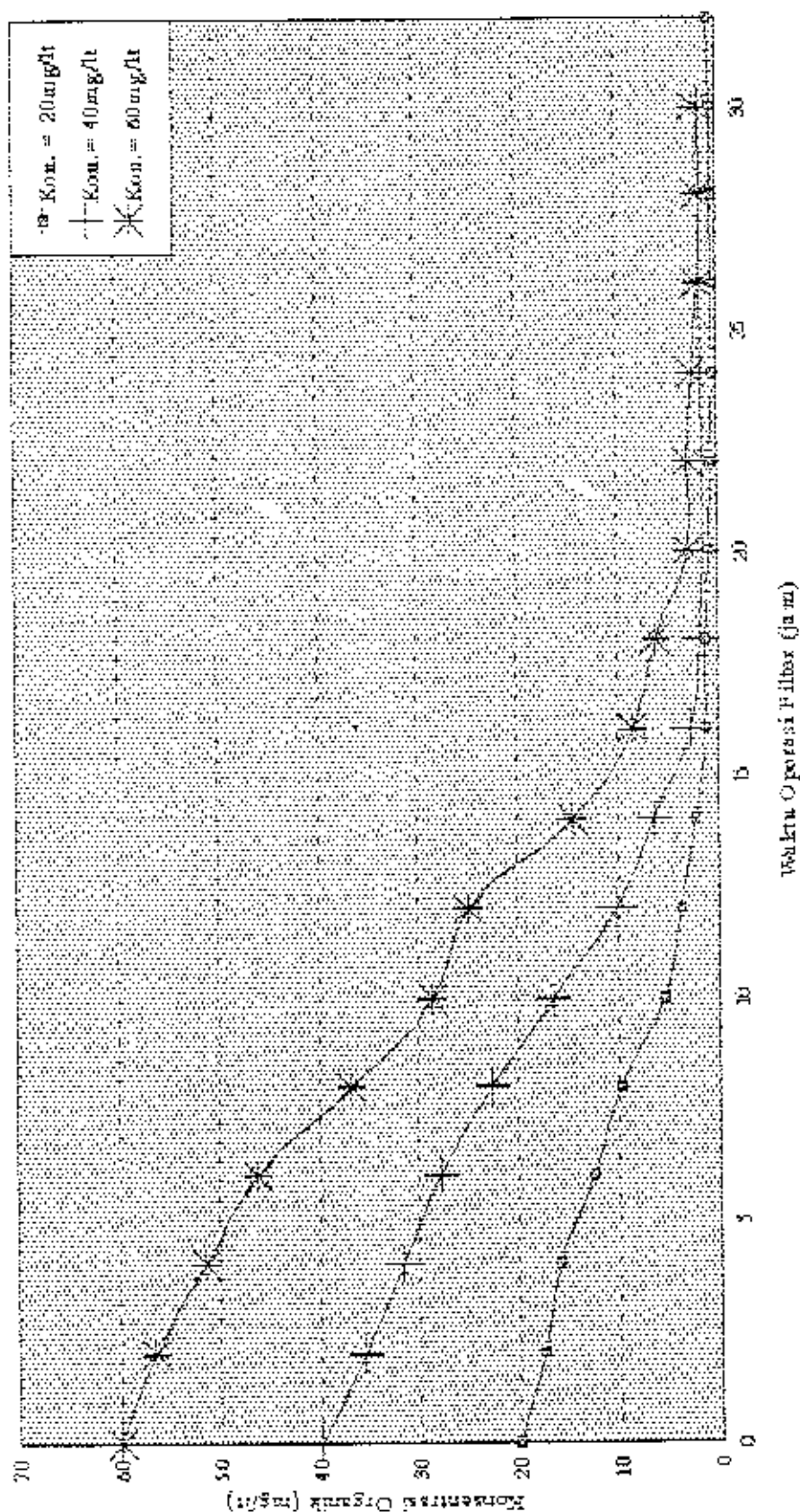




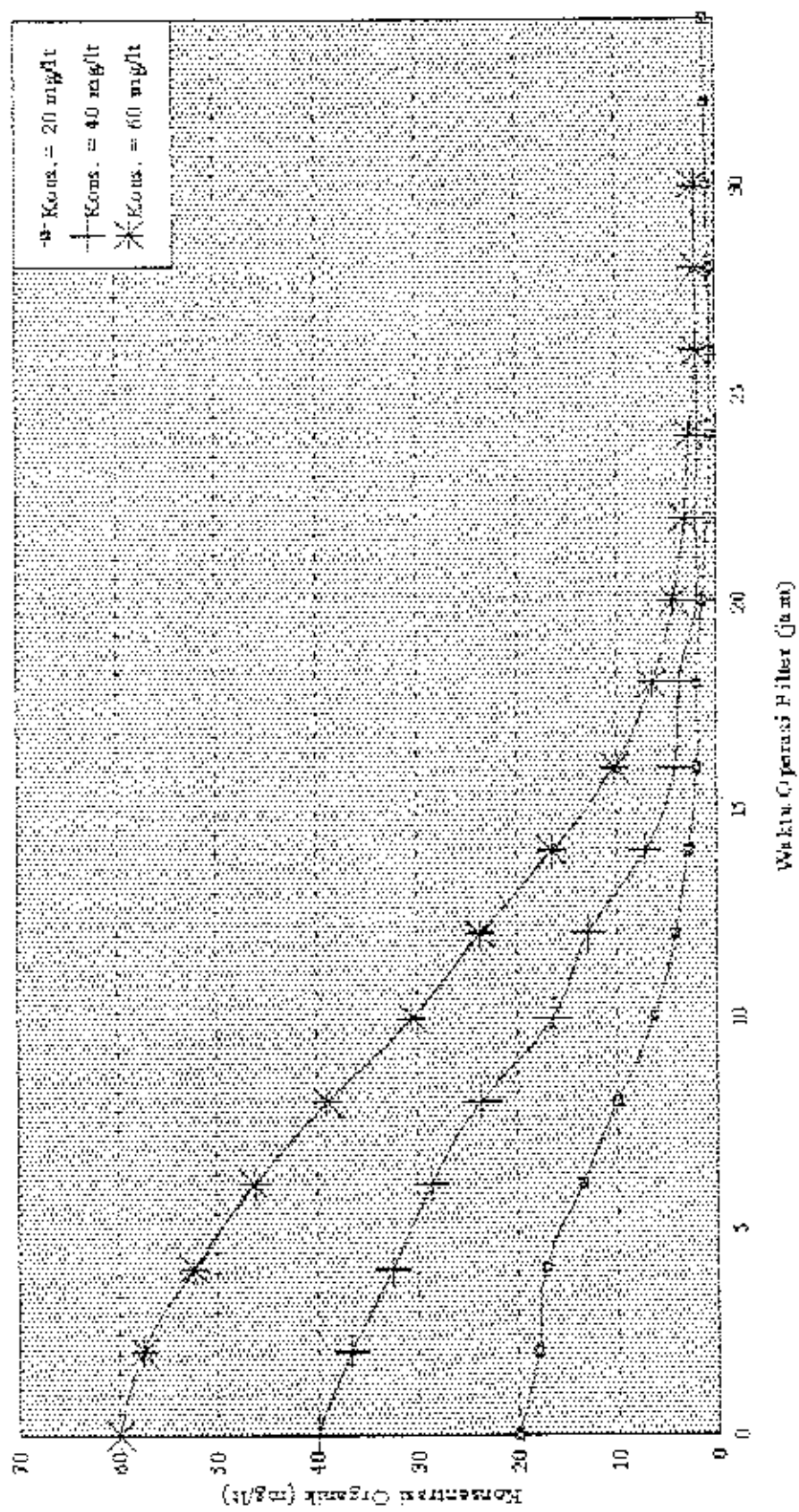
GRAFIK-3 REMOVAL ORGANIK DGN WAKTU ULTRASI  
KONSENTRASI ORGANIK INIDENIT = 60 mg/l  
UNTUK MEDIA AIR RASIT



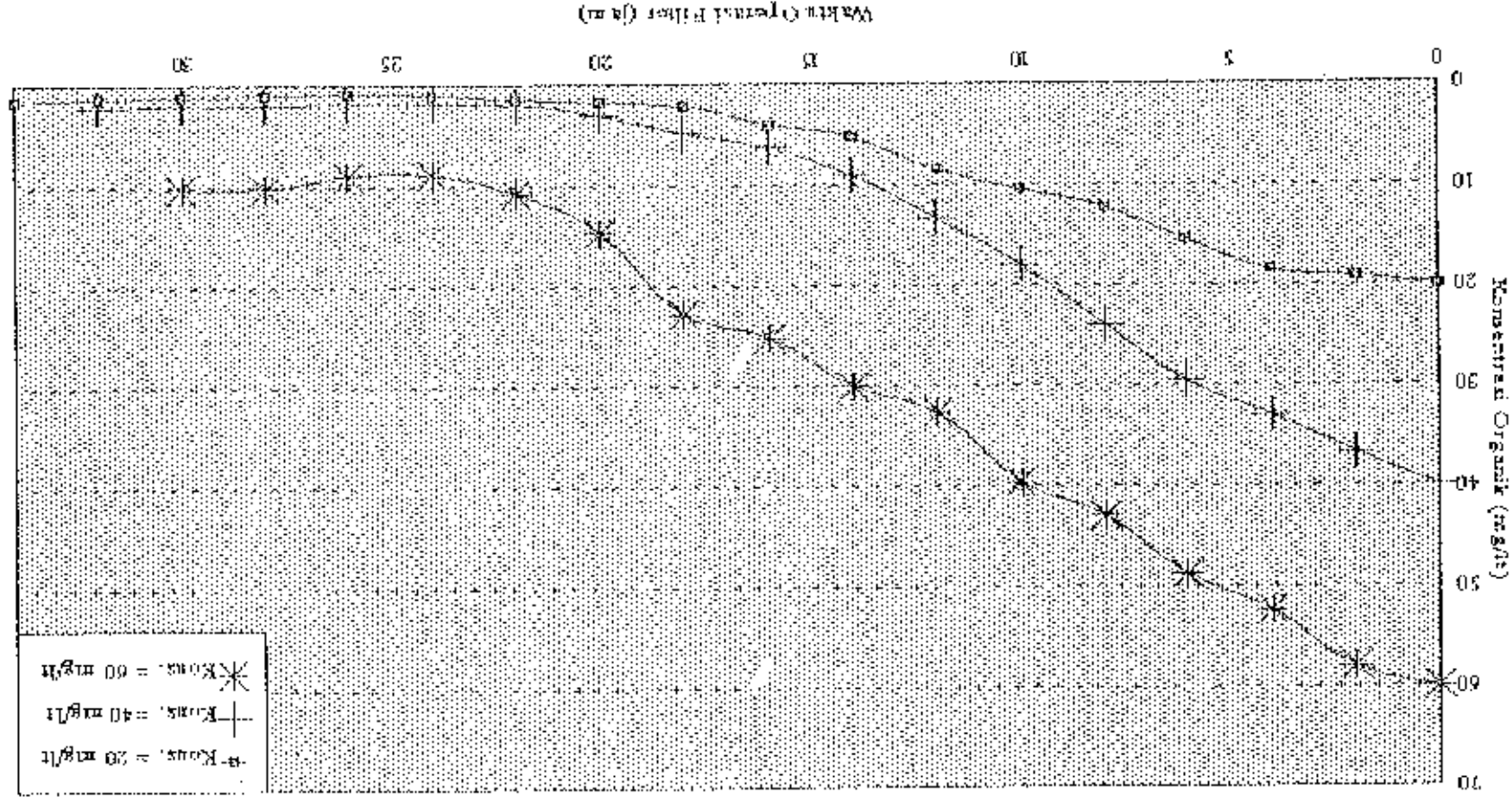
GRAFIK-4 REMOVAL ORGANIK DARI WAKTU FILTRASI  
 RATE FILTRASI 1 ml/mn  
 GENTLE MEDIA ANTRAKS



GRAFIK 1.5 REMOVAL ORGANIK DARI WAKTU FILTRASI  
 RATA RATA  
 UNTUK BEKAS AIR

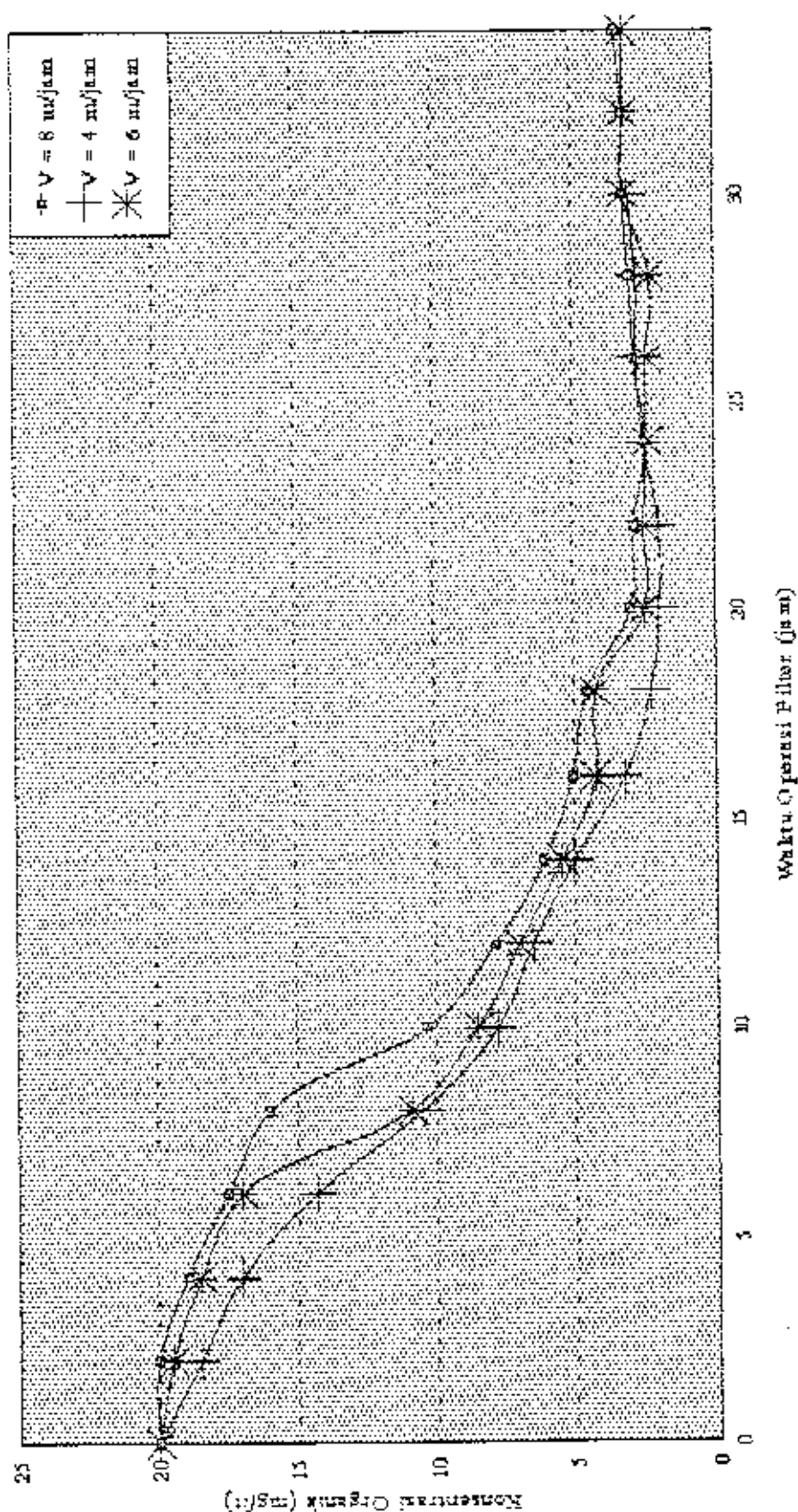


GRAFIK 6 REMOVAL ORGANIK DGN WAKTU RELEASE  
KATS RELEASE m/m  
GURU MEDIA AIRASAT

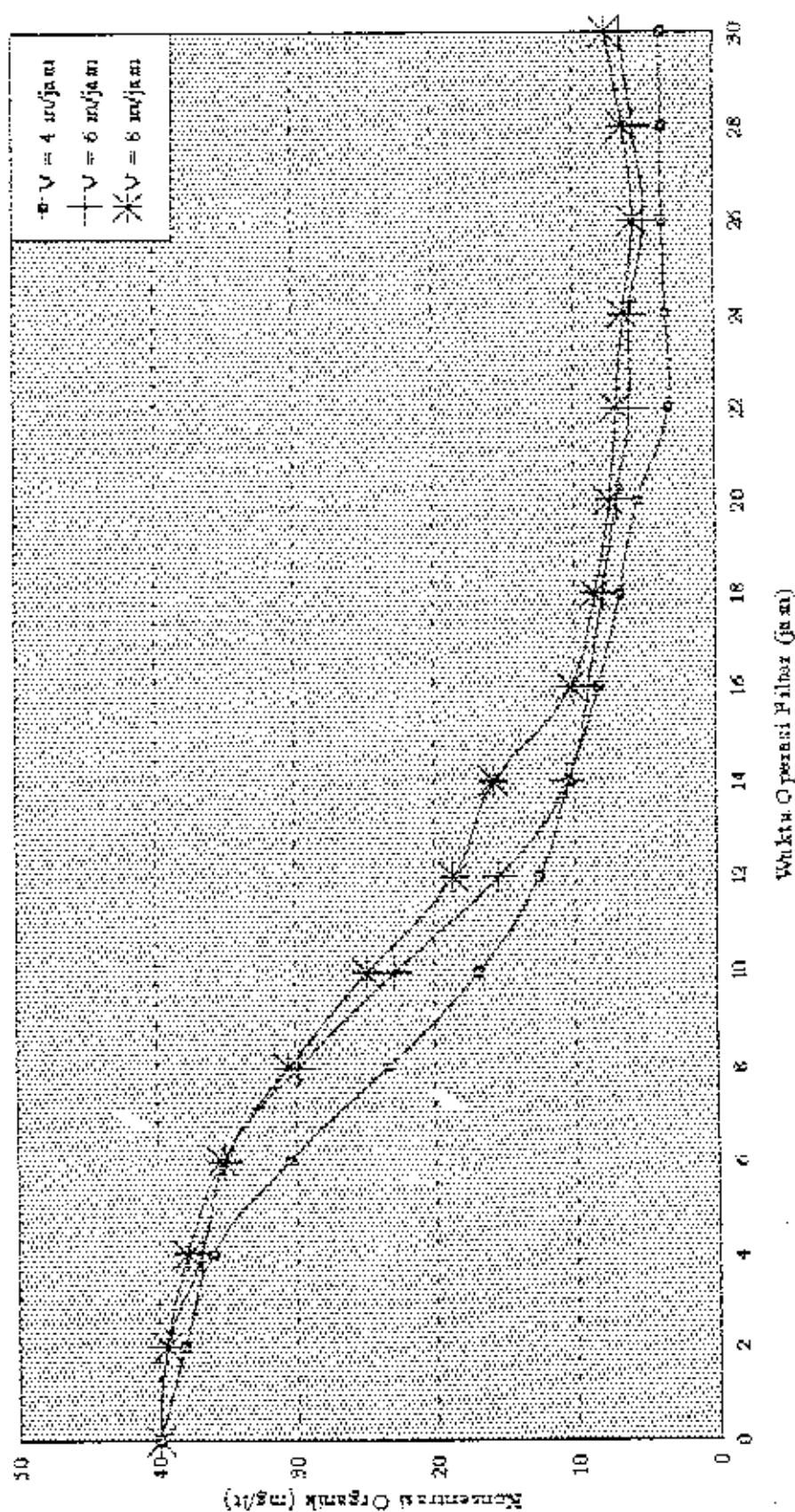




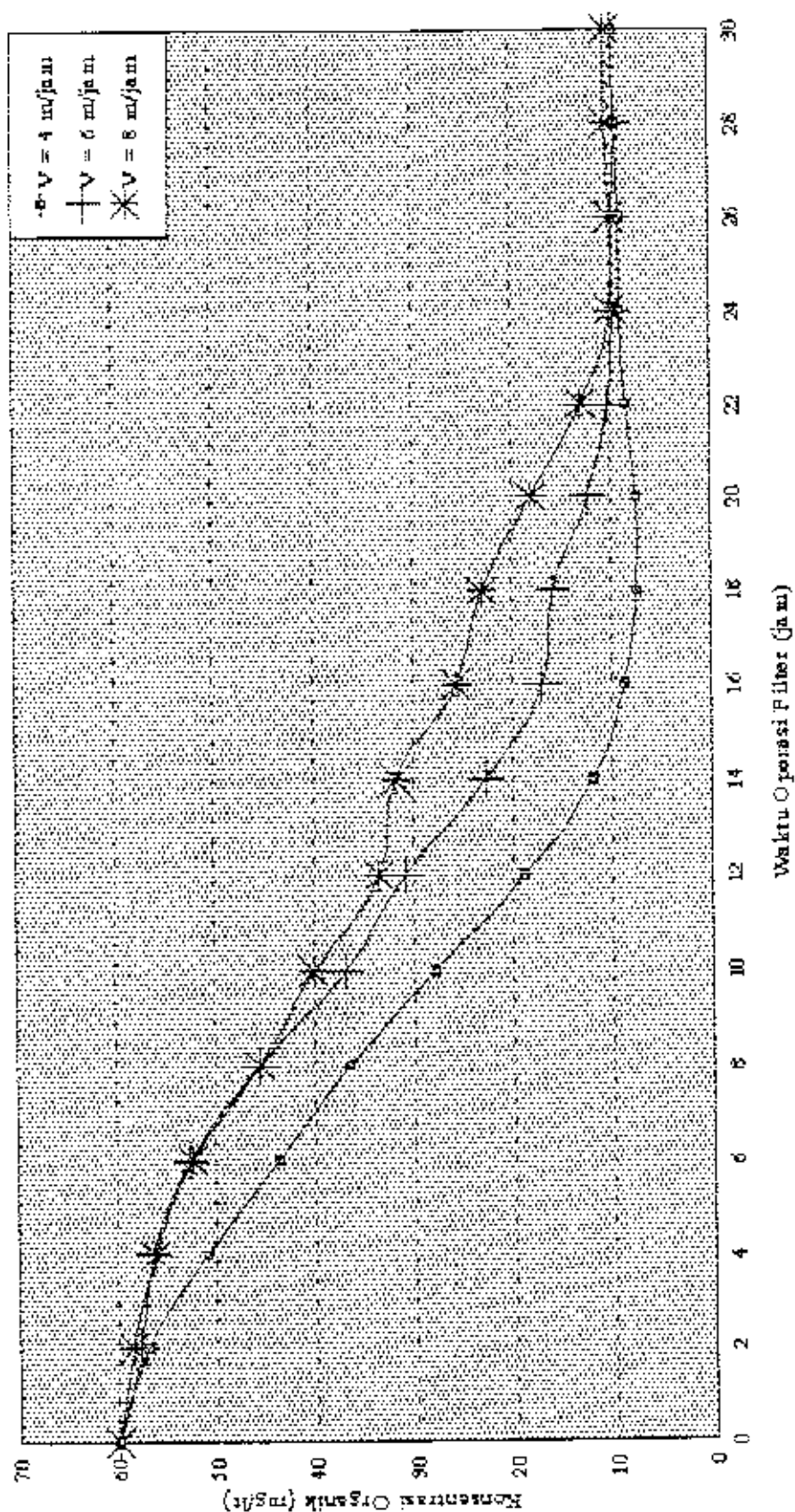
GRAFIK 1-7 REMOVAL ORGANIK DGN WAKTU FILTRASI  
KONSENTRASI ORGANIK INFLUENT = 20 mg/l  
UNTUK MEDIA PASIR KWARSA



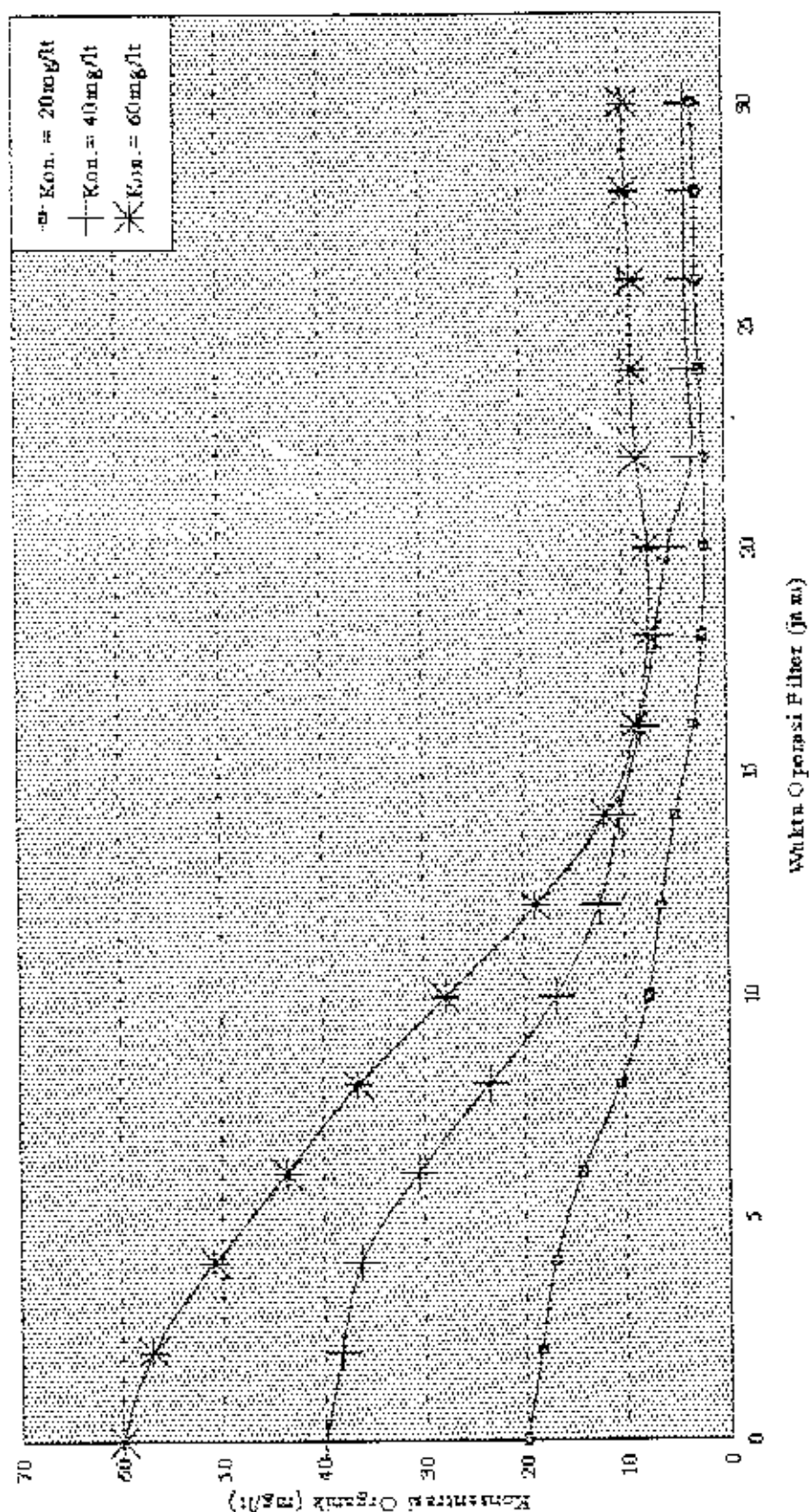
GRAFIK 1-6 REMOVAL ORGANIK Dlm WAKTU FILTRASI  
 KONSENTRASI ORGANIK INFLUENT = 40 mg/l  
 DEDUK MEDIA TAMPIL KAWASA



GRAFIK (9) REMOVAL ORGANIK DUN WAKTU FILTRASI  
KONSENTRASI ORGANIK INFILUENT = 60 mg/l  
UNTUK MEDIA PASIR KWASA



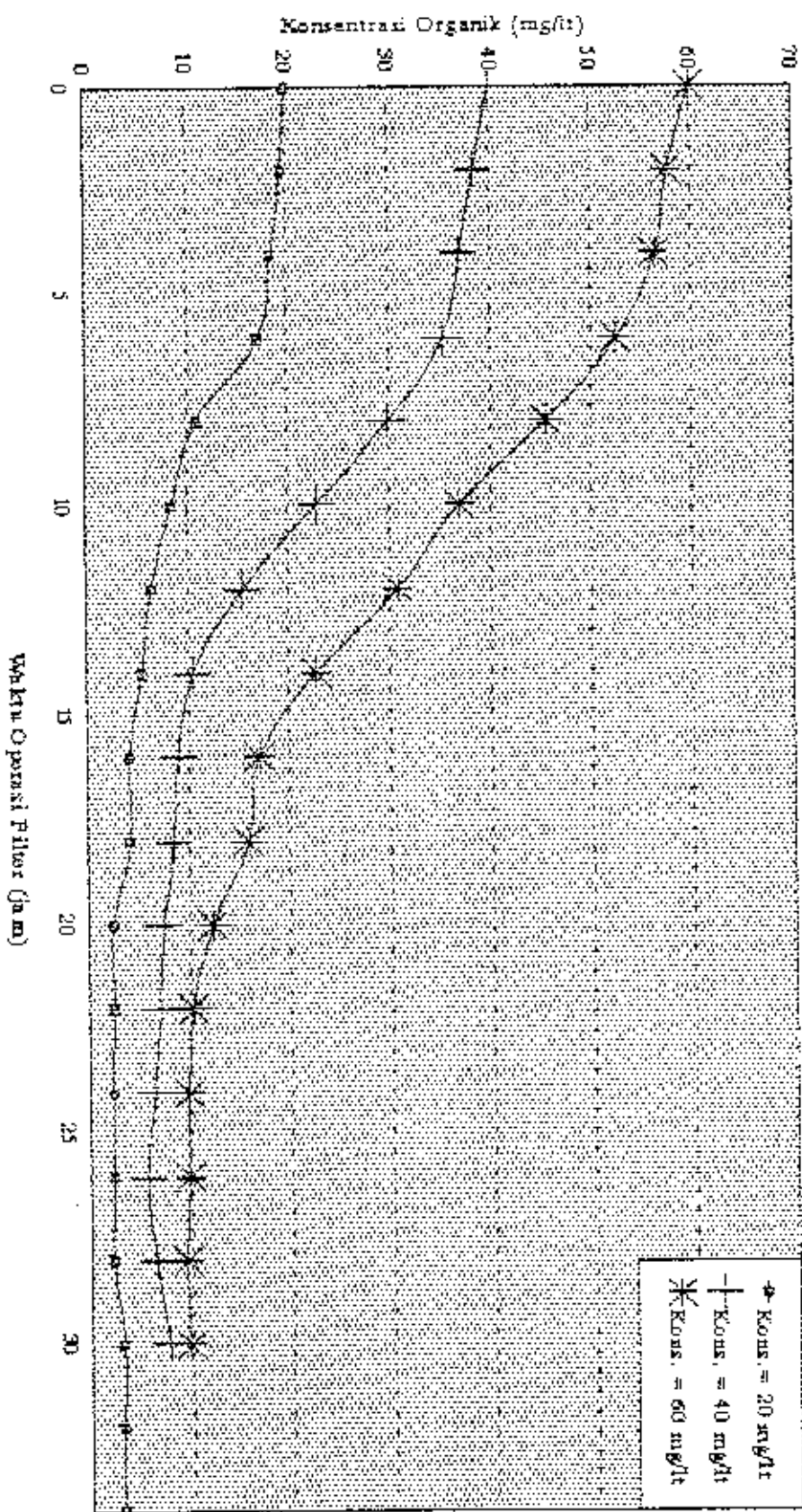
GRAFIK L-10 REMOVAL ORGANIK DUN WAKTU FILTRASI  
 RATE FILTRASI 100 ml  
 UPTUR MEDIA PAIR KWARSA





# GRAFIK 1-1/ REMOVAL ORGANIK DUN WAKTU FILTRASI

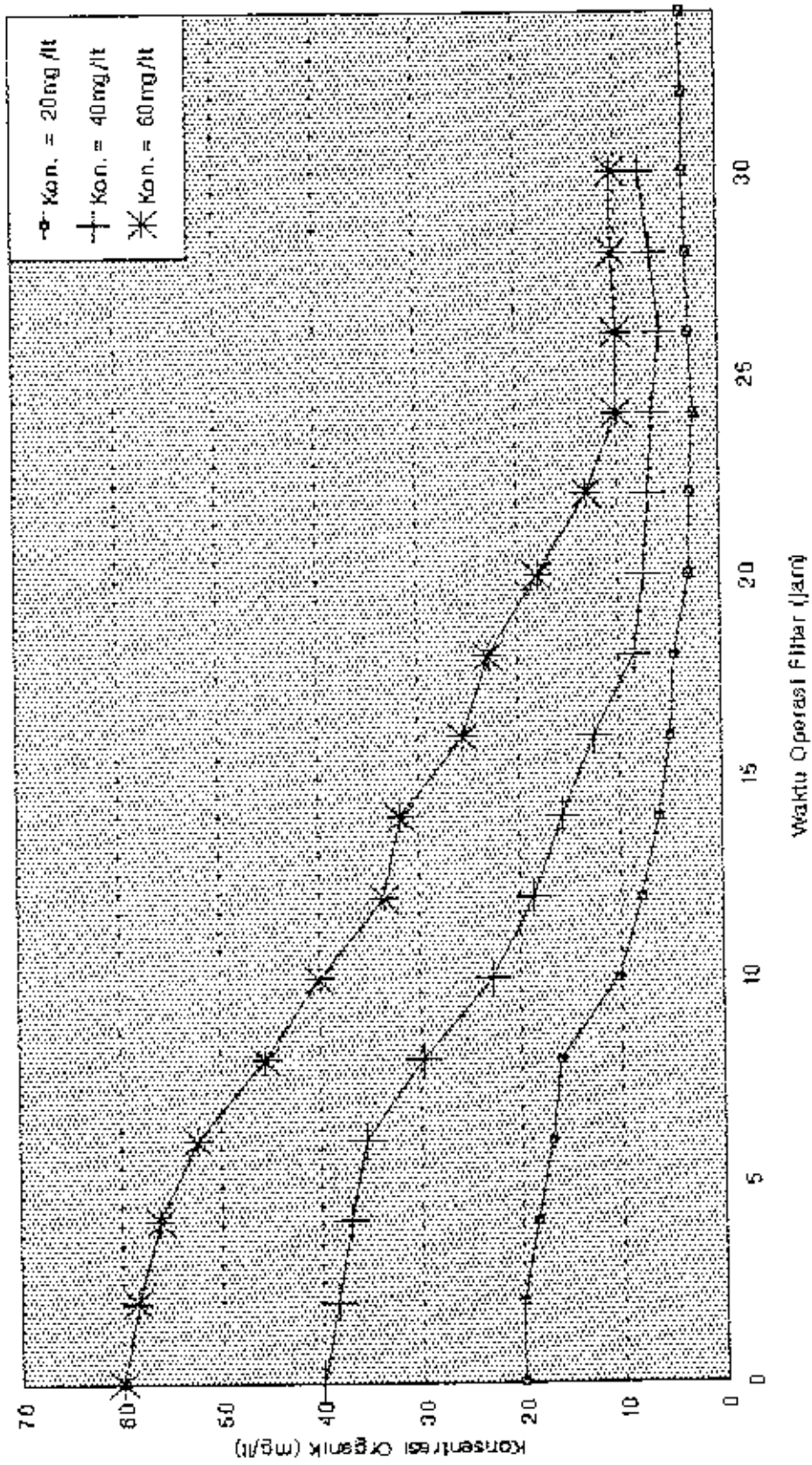
RAPID FILTRASI 6 mpm  
UNTUK MEDIA PASIR KWARSA



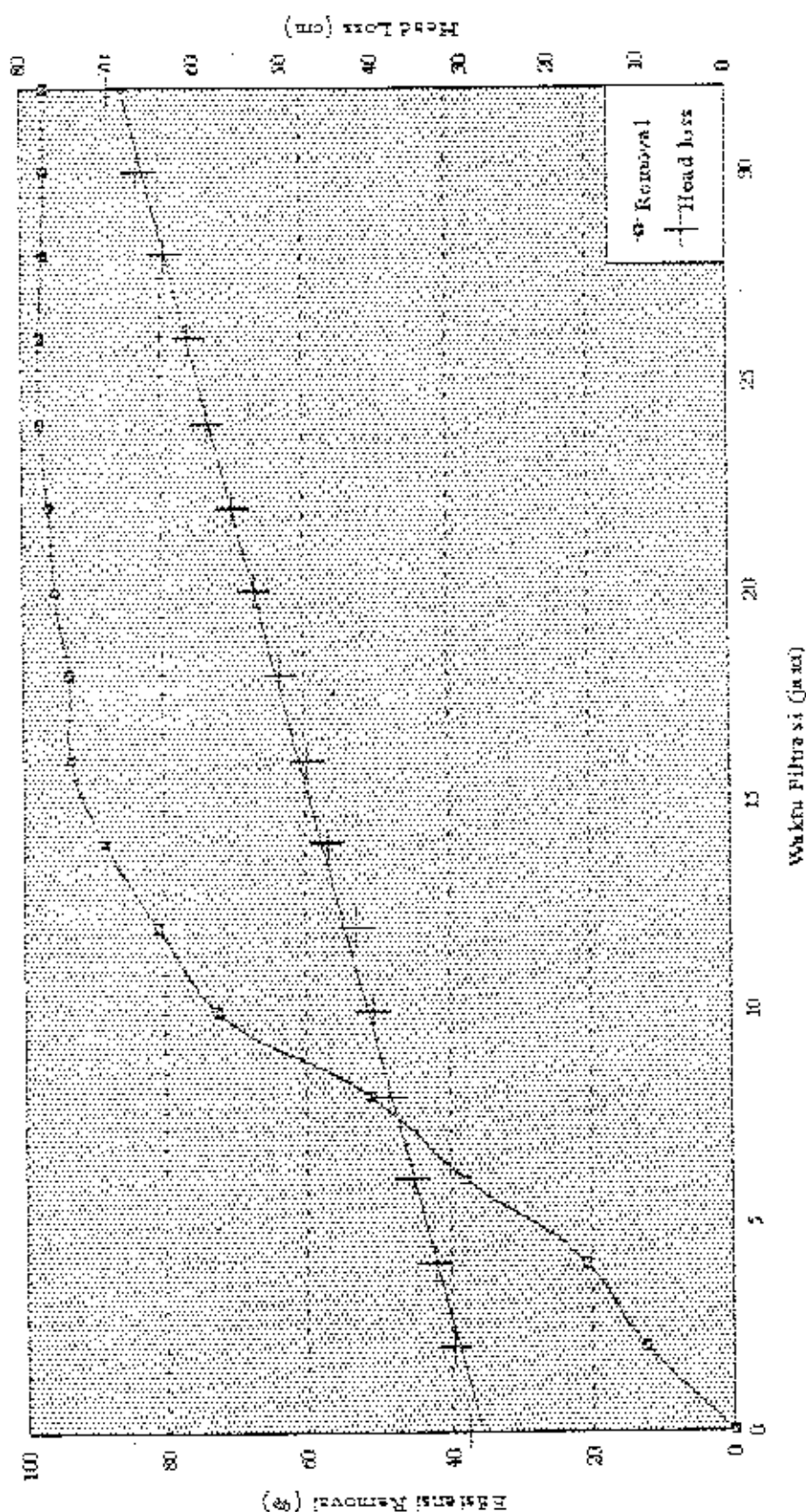
# GRAFIK L-12 REMOVAL ORGANIK DGN WAKTU FILTRASI

RATE FILTRASI 8 m<sup>3</sup>/jam

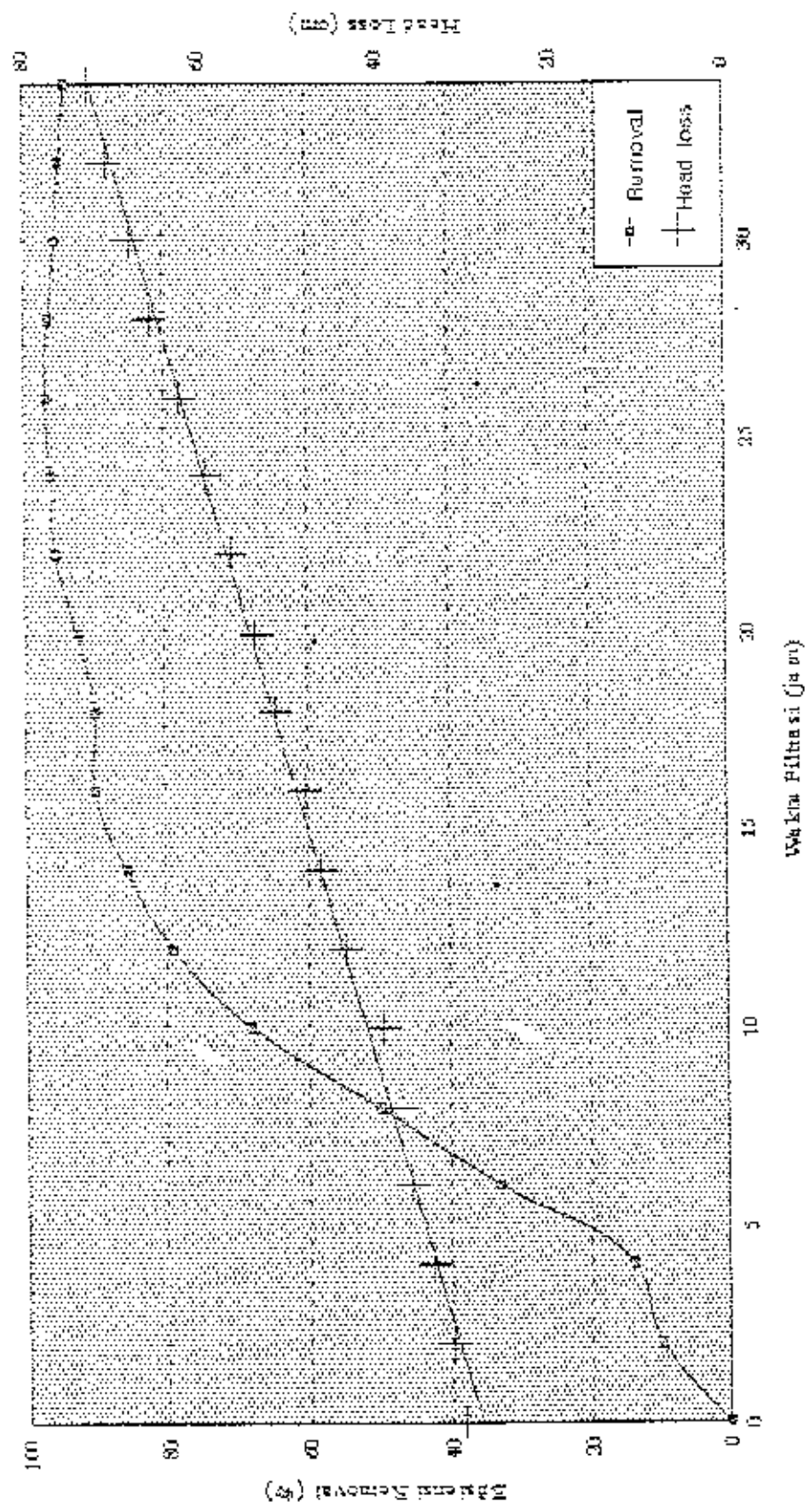
UNTUK MEDIA PASIR KWARISA



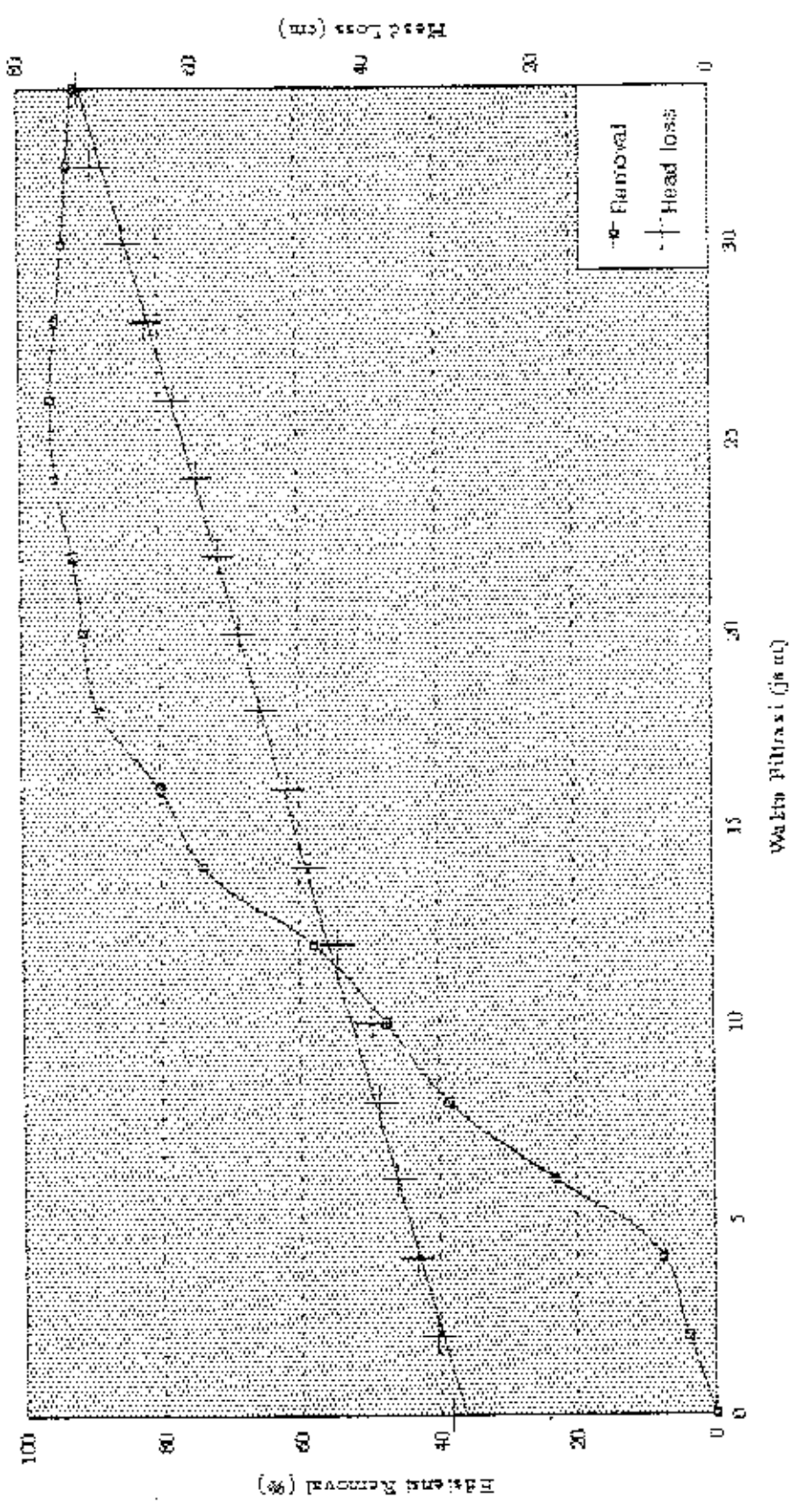
GRAFIK 1-13 HUBUNGAN PERSENTASE HEAD LOSS & WAKTU FILTRASI  
 Kuantitas Filtrat = 20 ml/jam & Kecepatan Filtrasi = 1 cm/jam  
 Media: Sand



GRAFIK PERUBAHAN PERSENTASE HEAD LOSS & WAKTU FILTRASI  
 pada media kerikil dengan  $\Delta H = 20$  cm  
 Media kerikil  
 Media pasir

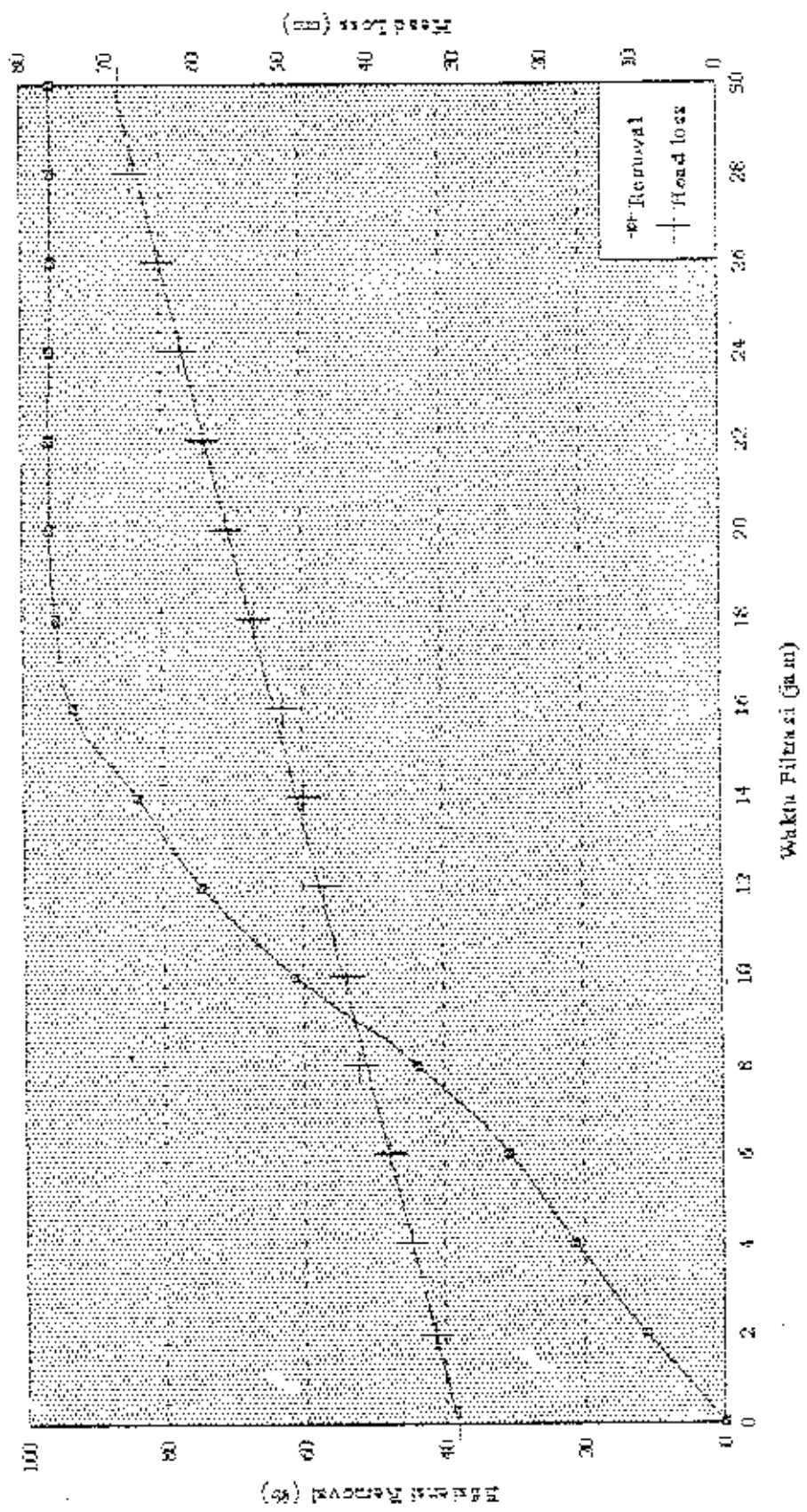


GRAPHE L-15. HUEJUNGAN EFISIENSI, HEAD LOSS & WAKTU FILTRASI  
 Konsentrasi Origanol = 20 mg/liter, Kecepatan Filtrasi = 8 cm/jam,  
 Media saringan

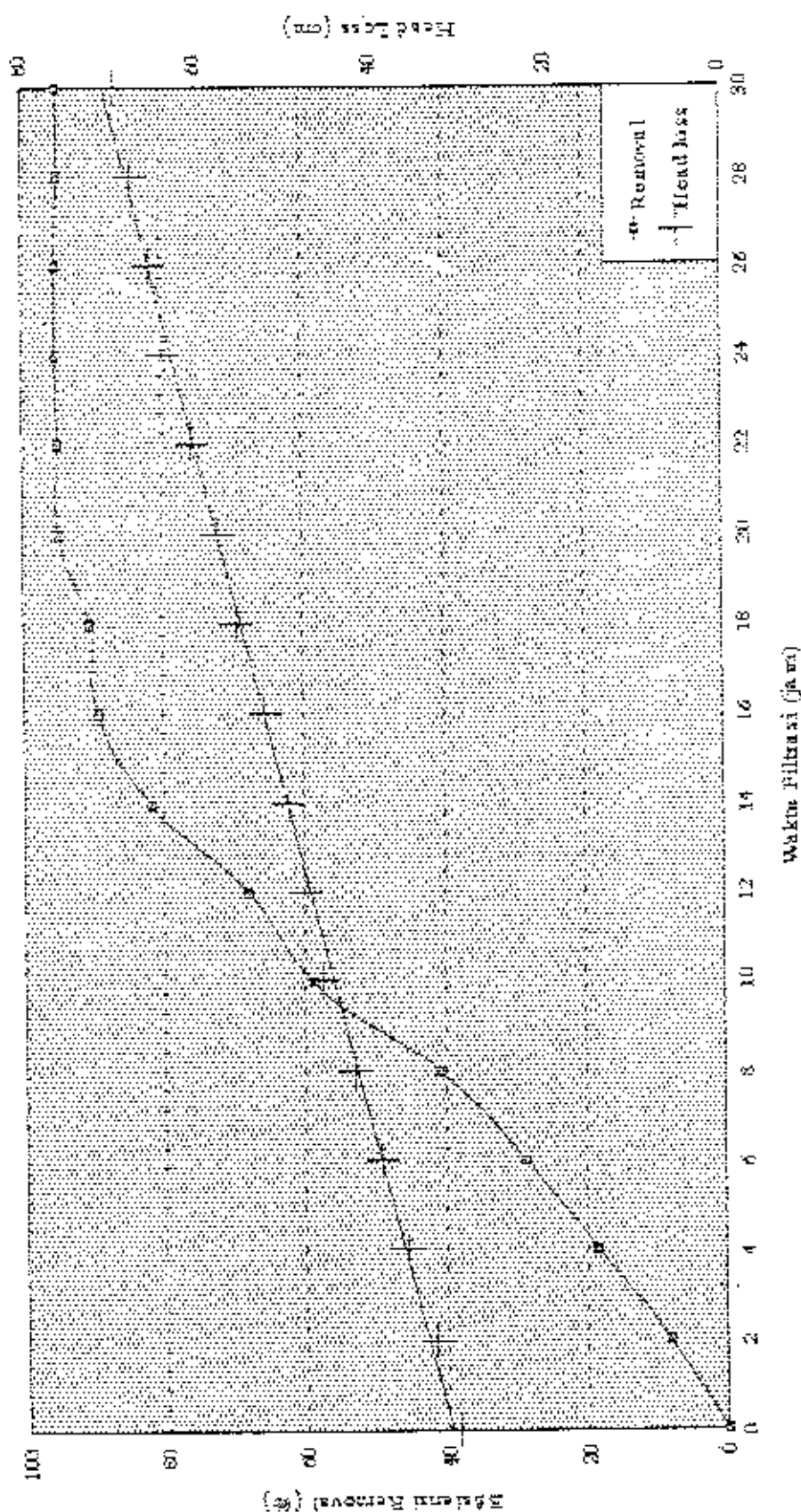




GRAFIK 1-6 (PERUBAHAN PERSENTASE HEAD LOSS & WAKTU FILTRASI)  
 Elongasi filter = 40 mm,  $H_0 = 40$  mm,  $H_1 = 30$  mm,  $H_2 = 20$  mm,  $H_3 = 10$  mm,  $H_4 = 0$  mm  
 Media: pasir halus



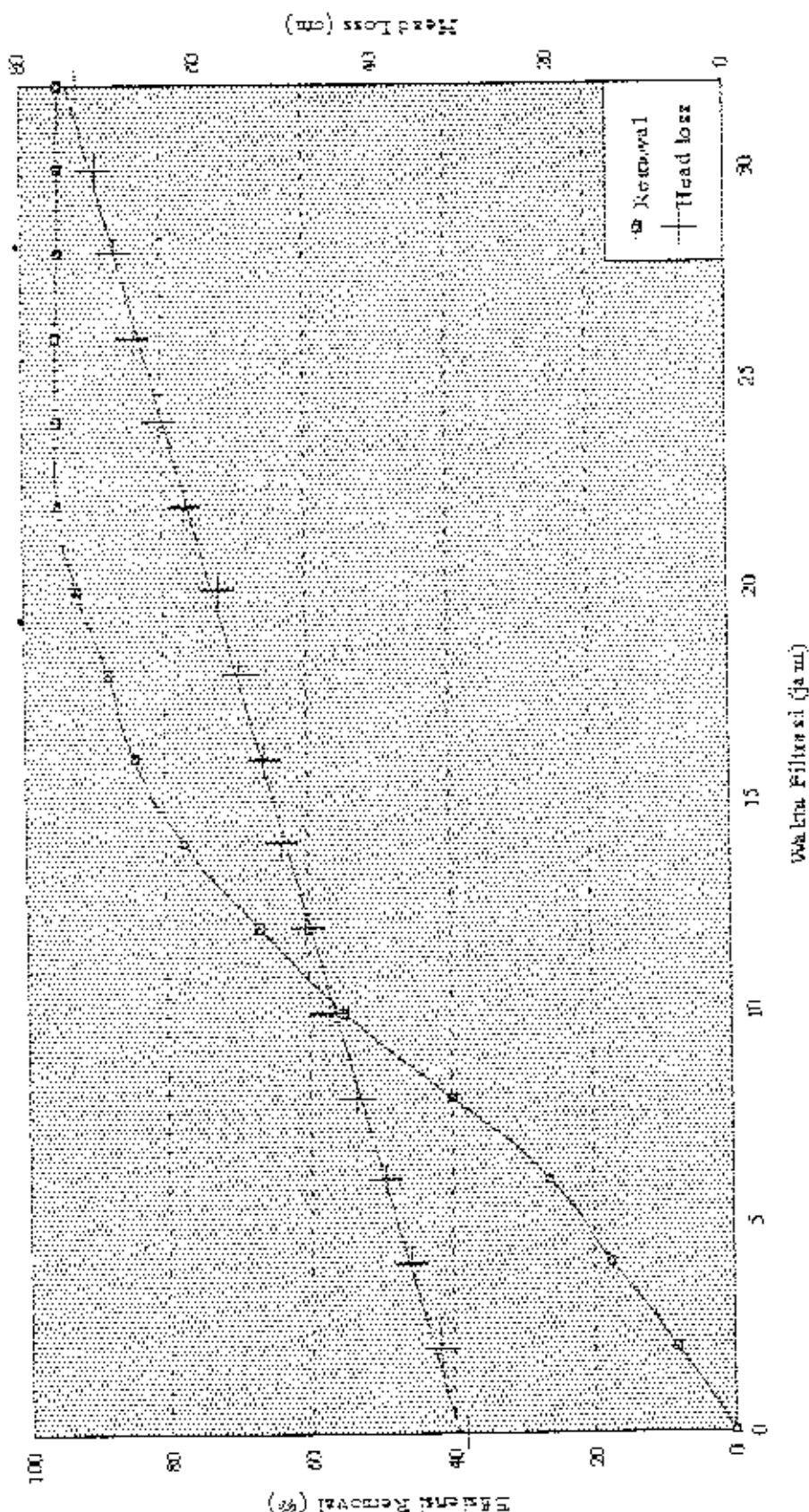
GRABEK L-17 HILIRUNGAN EFISIENSI, HEAD LOSS & WAKTU FILTRASI  
 KUALITAS AIR PAKET 2 TUMBUH KESUKSESAN FILTRASI 2 & 4 WAKTU  
 Media Saringan



# GRABIK F-0 HUBUNGAN EFISIENSI, HEAD LOSS & WAKTU FILTRASI

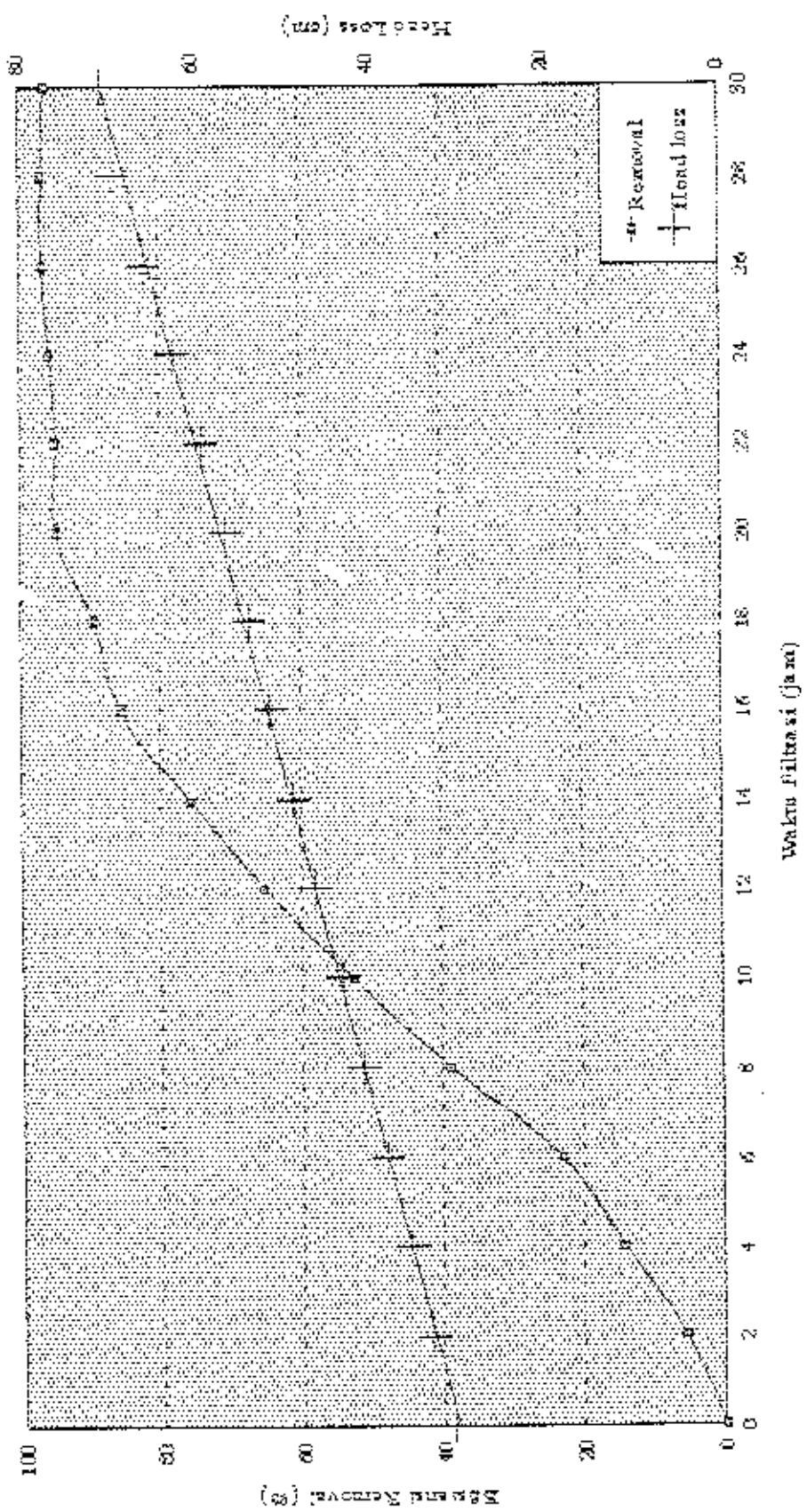
Kunde atank organik + 10 g/lit. Kalsium hidroksi + 5 mg/lit.

Media Antrasit

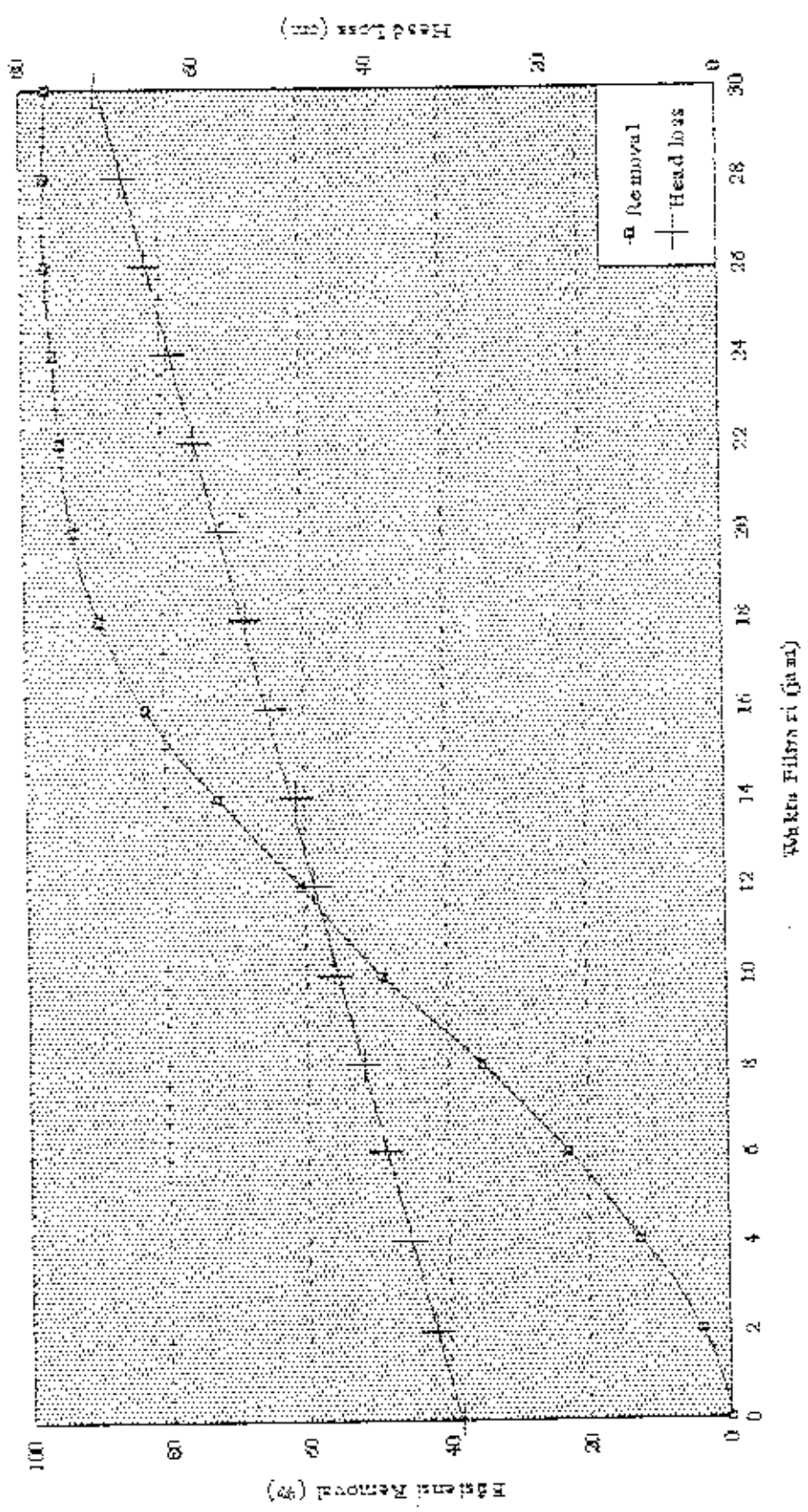




GRAFIK 1-19 HUBUNGAN EUSIENSI, HEAD LOSS & WAKTU FILTRASI  
 Eksperimen dengan : 0,01 mm & 0,075 mm filter - 1 sampel  
 Media : pasir



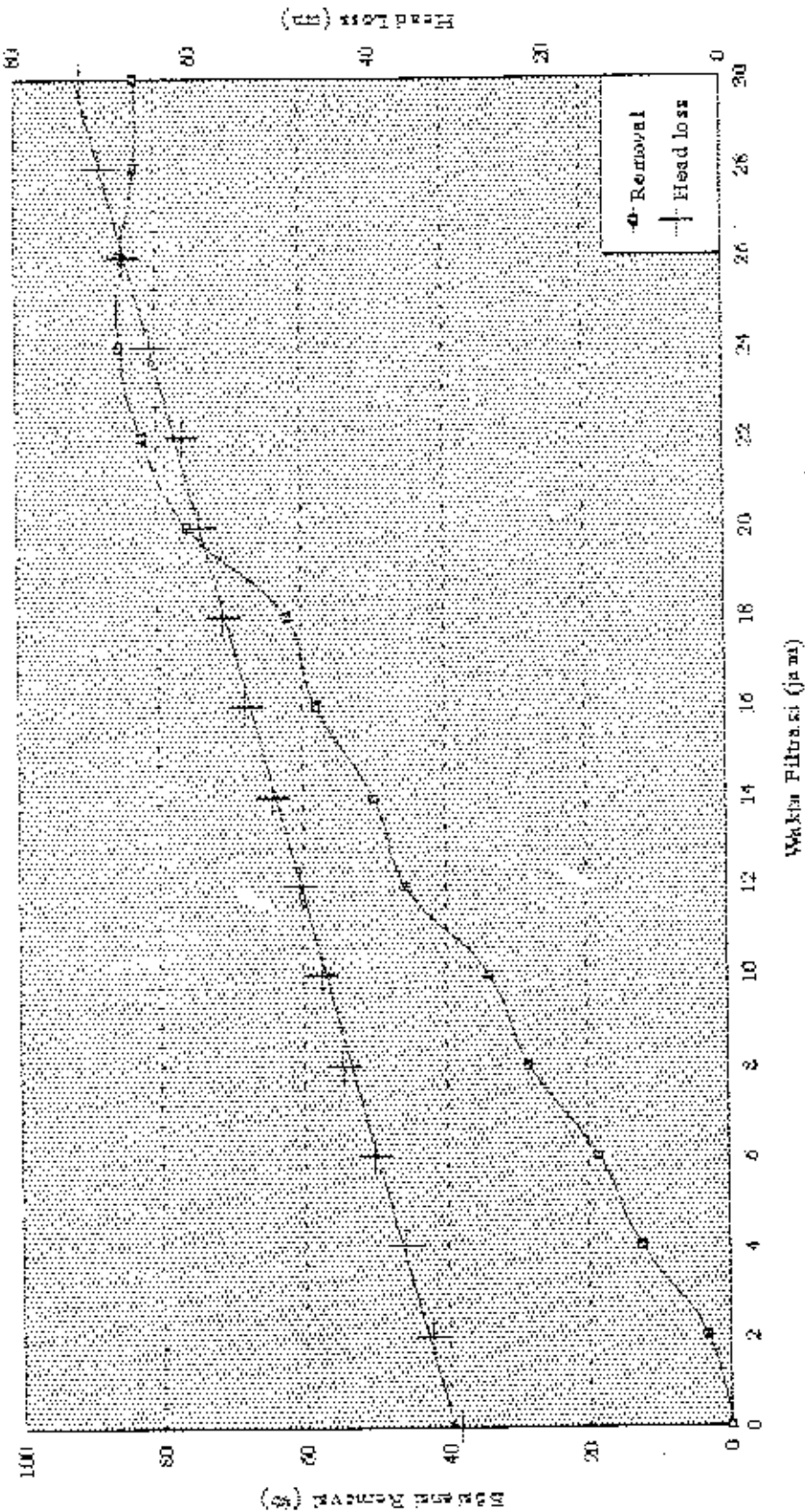
GRAFIK 1-20. HUBUNGAN BERSISIL, HEAD LOSS & WAKTU FILTRASI  
 Kertas saring No. 60 dengan 100 ml filtrat = 6 menit  
 Media: pasir halus



# CHAPTER 1-20 HUEYUNGAN EHSIENSI HEAD LOSS & WAKTU FILTRASI

Konduktivitas Organik = 0.0015 & 0.0015 mhos/cm

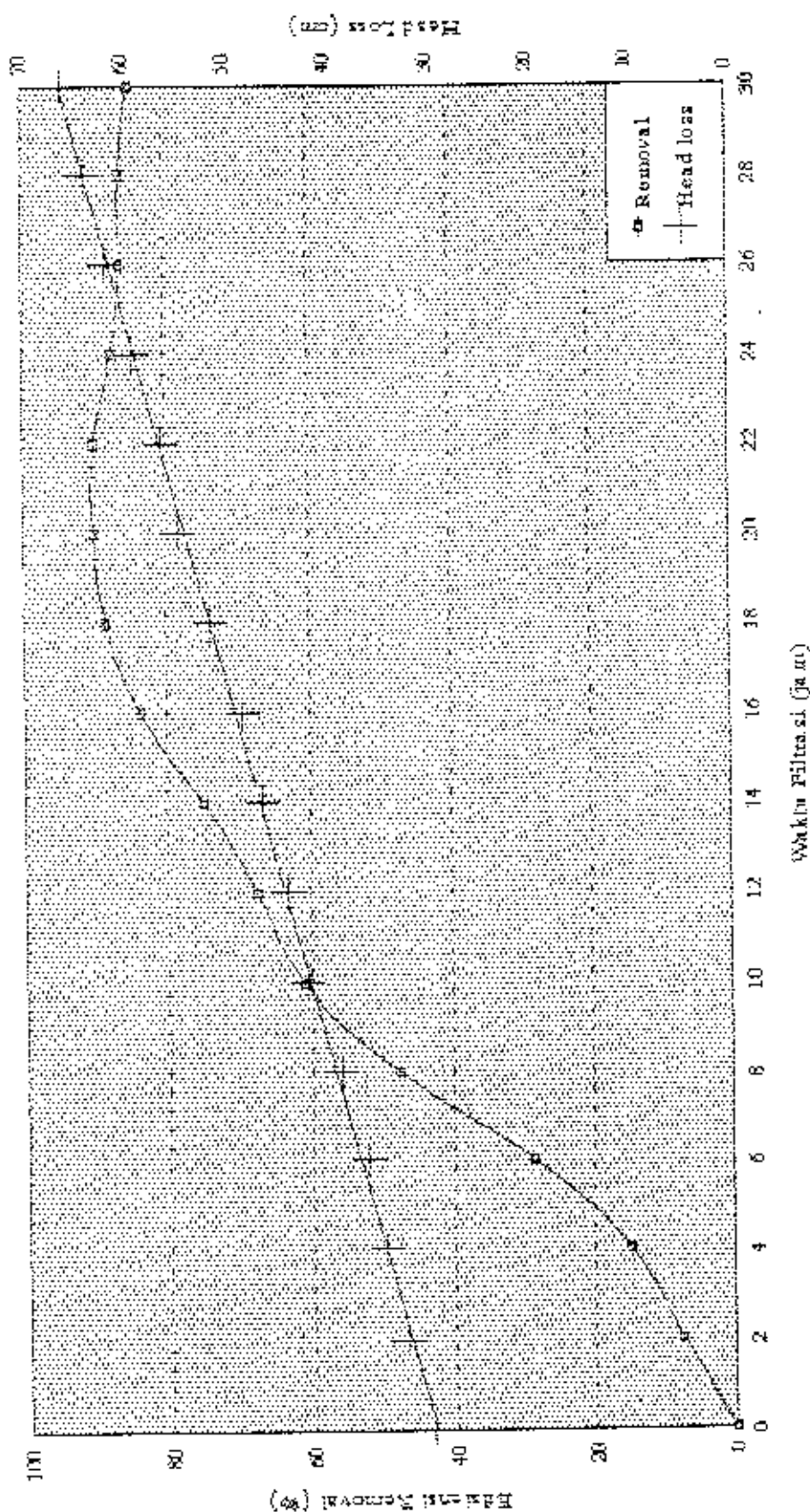
Media Alluvium



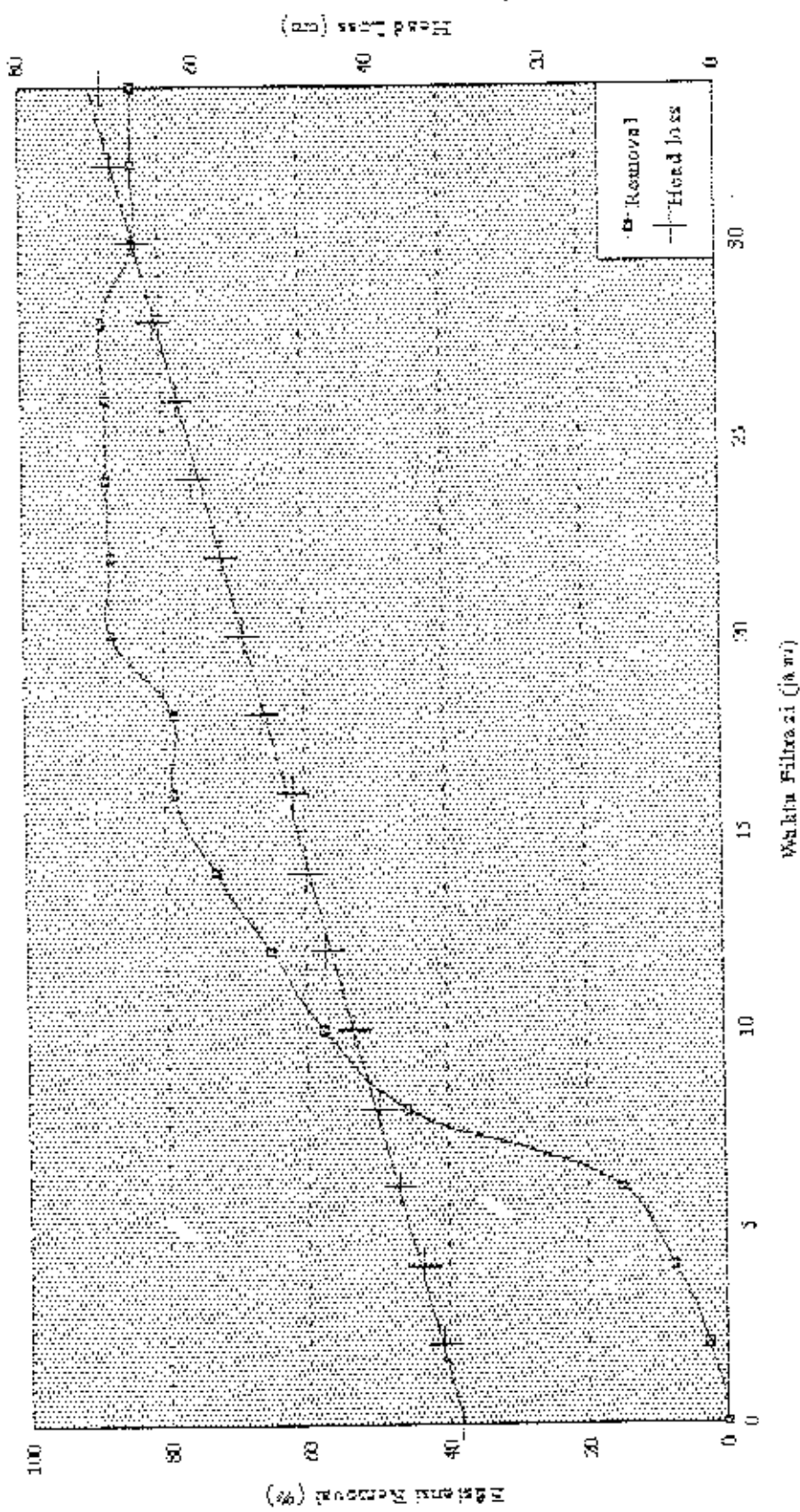
# GRAFIK 1-2 HUBUNGAN PRESSURIS, HEAD LOSS & WAKTU FILTRASI

Konsentrasi  $\text{CaCl}_2 = 20 \text{ mg/l}$  & Kepadatan Filtrat = 0,99 g/ml

Media: pasir kasar



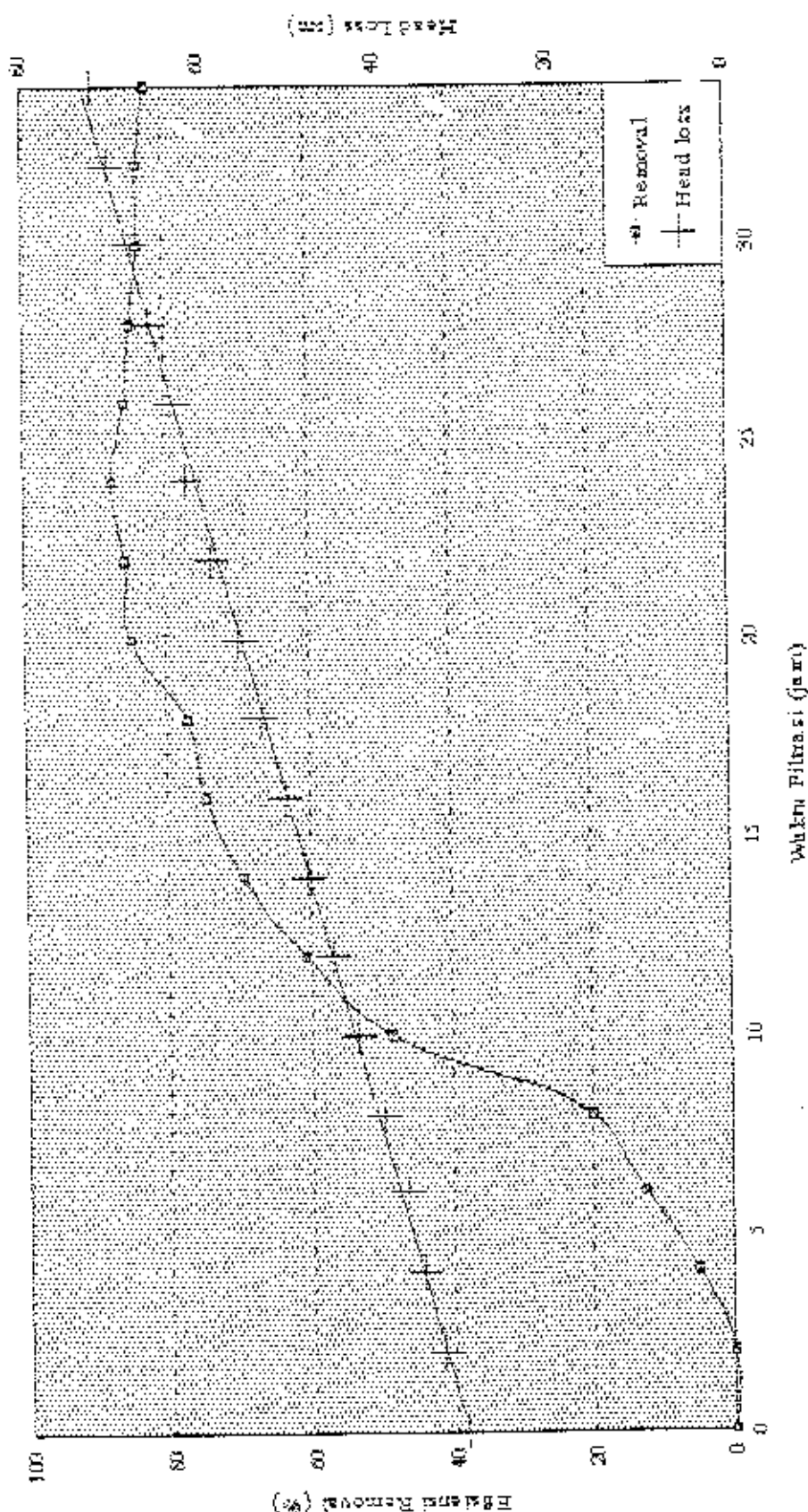
CIR. 123 HUBUNGAN BERSEKUTUHAN HEAD LOSS & WAKTU FILTRASI  
 Konsentrasi Organik = 20 mg/l & Ekivalen Filtrat = 0,5 mg/l  
 Media Pasir Kawasin



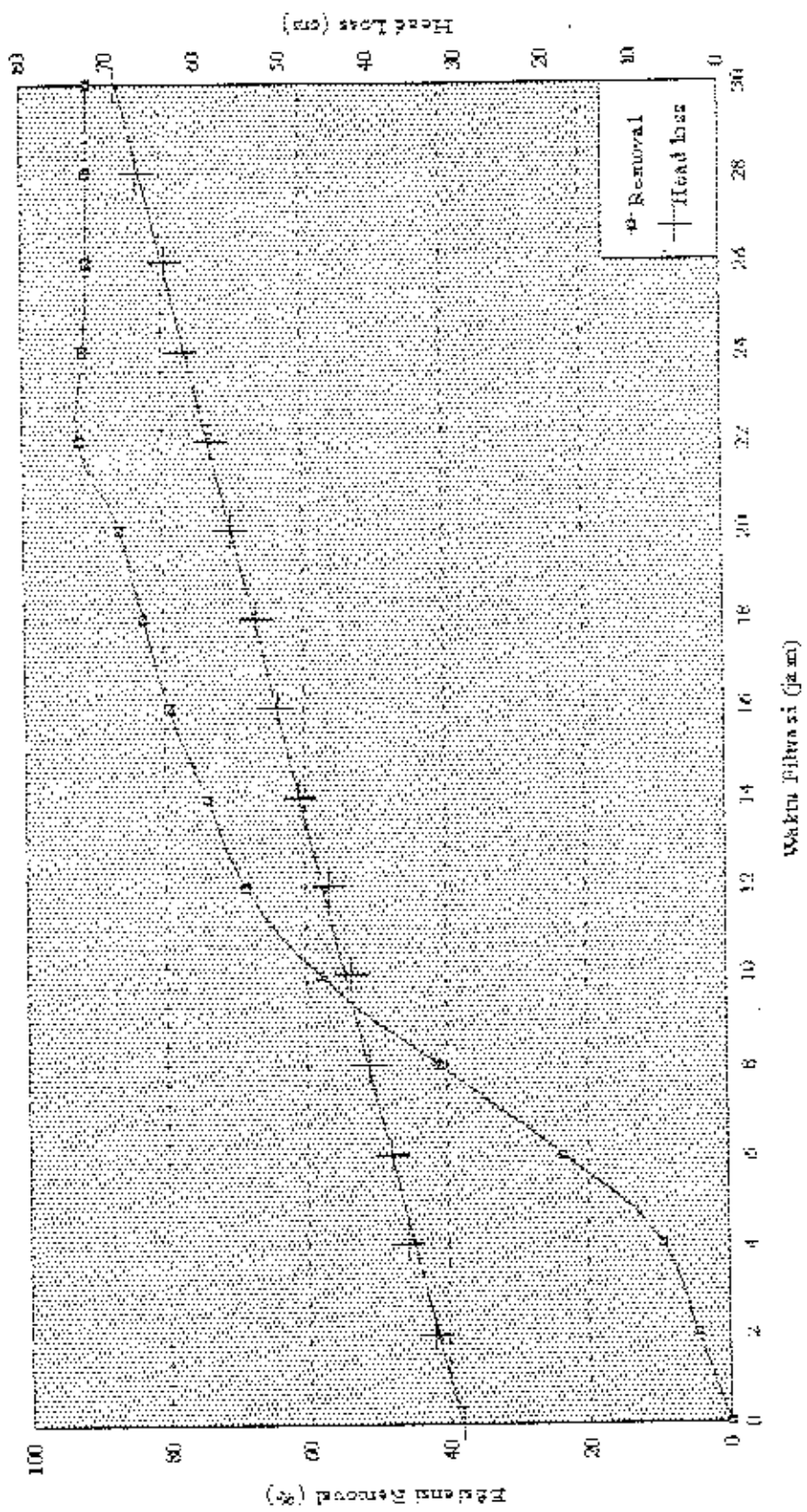


# GRAFIK 1-24 HUBUNGAN BERSIHNSI, HEAD LOSS & WAKTU FILTRASI

No. sampel (Lampiran 1-24) : 200 g/100 cc Kertas Filter No. 100/100  
Media pasir Kwaraeng



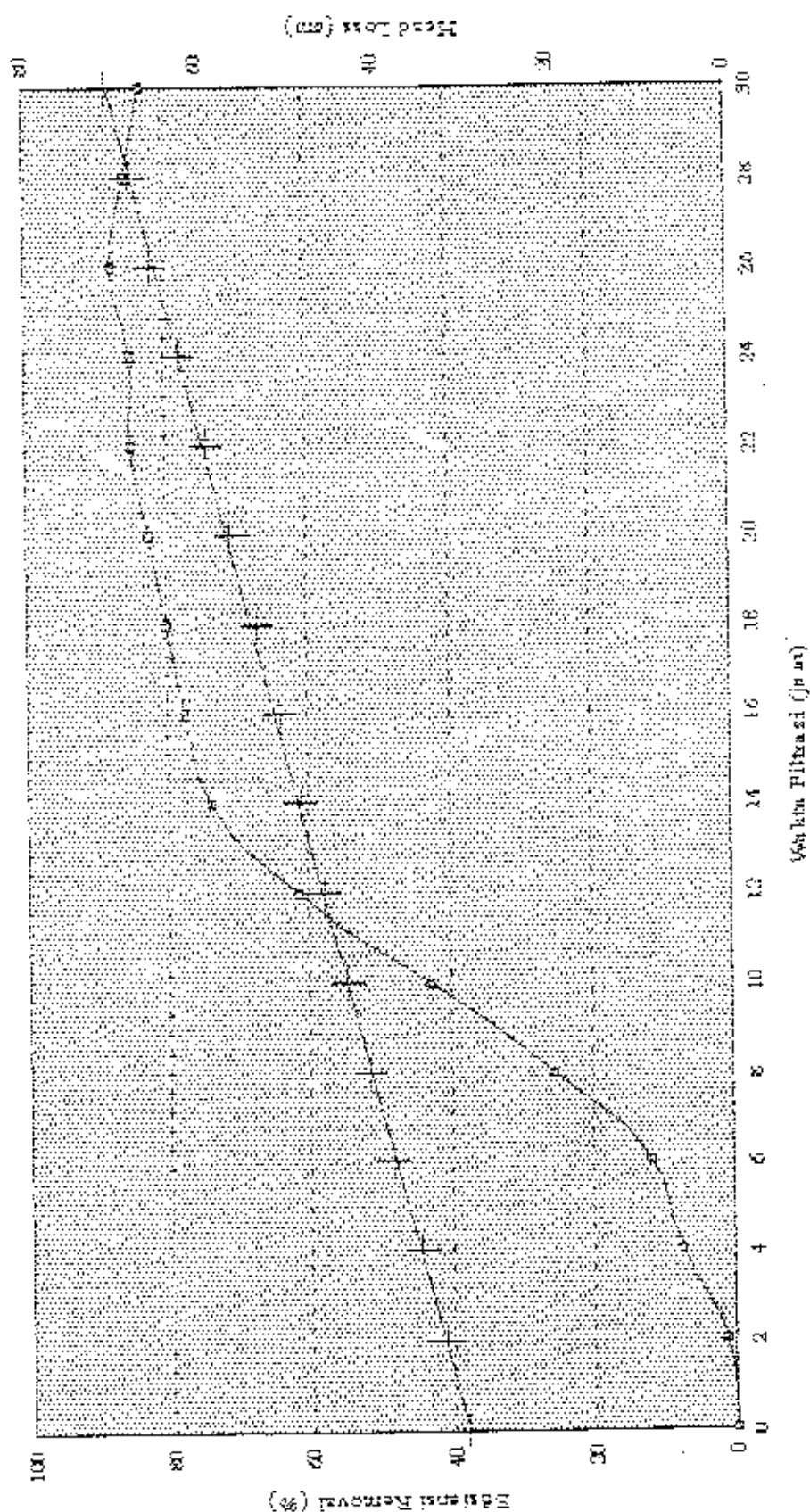
GRAFIK L-25 HUBUNGAN PRISINSI, HEAD LOSS & WAKTU FILTRASI  
 Hubungan Prinsip :  $Q$  dan  $H$  &  $H$  dan  $t$  pada Filtrasi 1.4 m/jam  
 Media Pasir Kwara



# GRAFIK C-2: HUBUNGAN EFISIENSI, HEAD LOSS & WAKTU FILTRASI

Konsentrasi  $C_{0, \text{awal}} = 415 \text{ mg/l}$  & Konsentrasi Filtrat  $C_{\text{akhir}} = 0 \text{ mg/l}$

Media Pasir Kasar



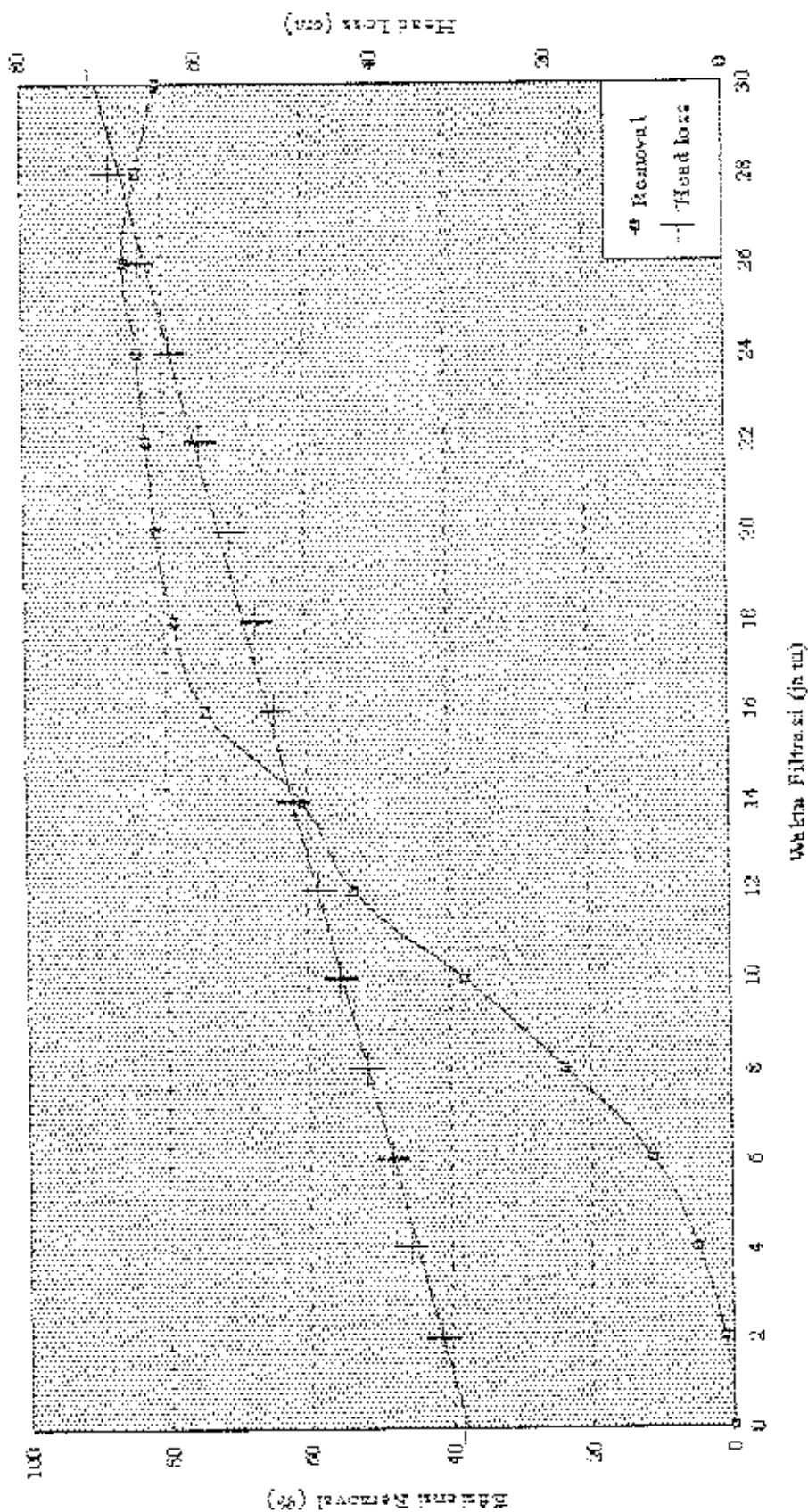
Handwritten signature or initials in a box.



# GRAFIK 17 HUBUNGAN PERSENTASI HEAD LOSS & WAKTU FILTRASI

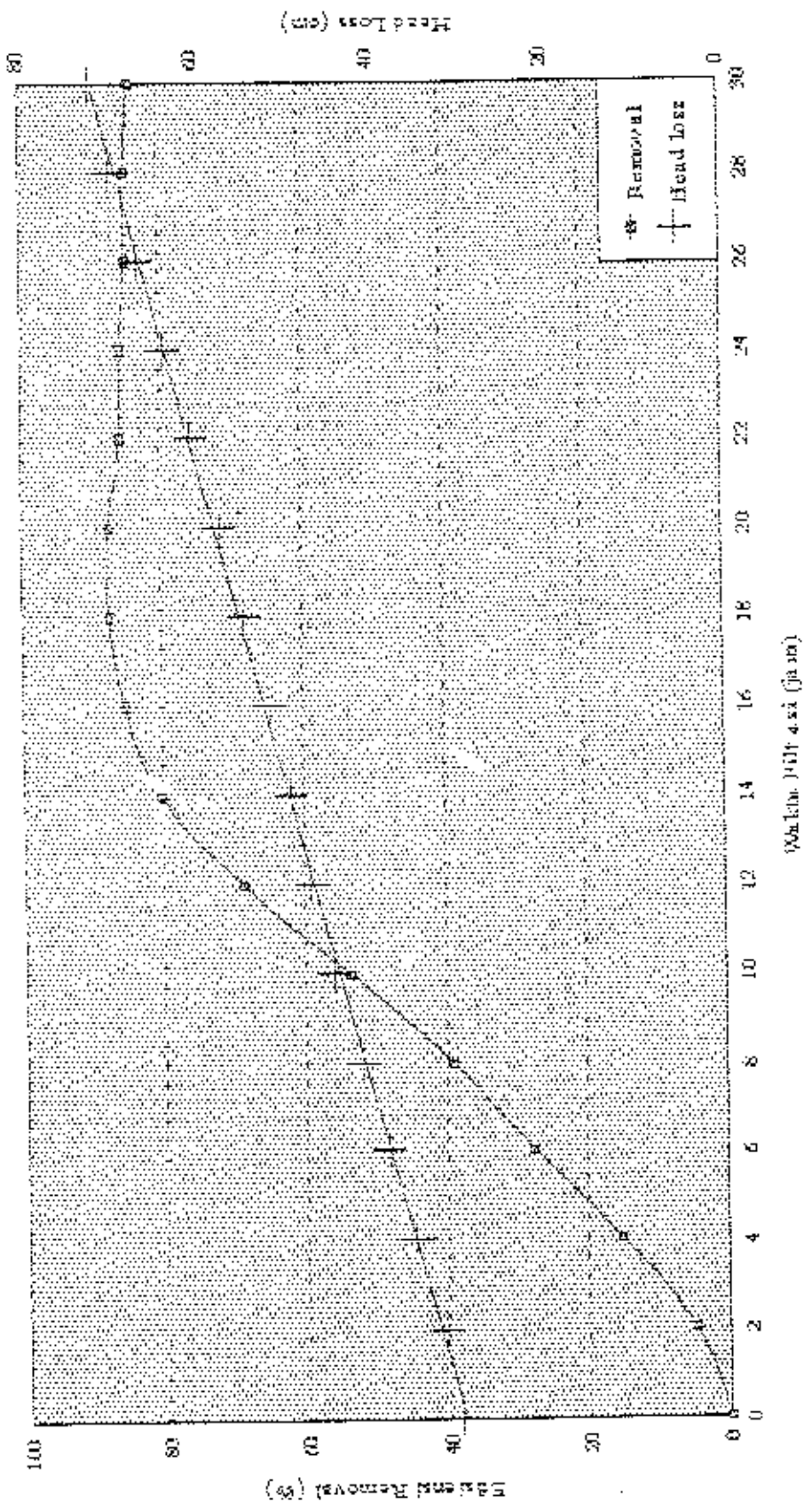
Konsentrasi Garam = 40 mg/l & Temperatur Filtrat = 25°C

Melisa Yulita Kurniati



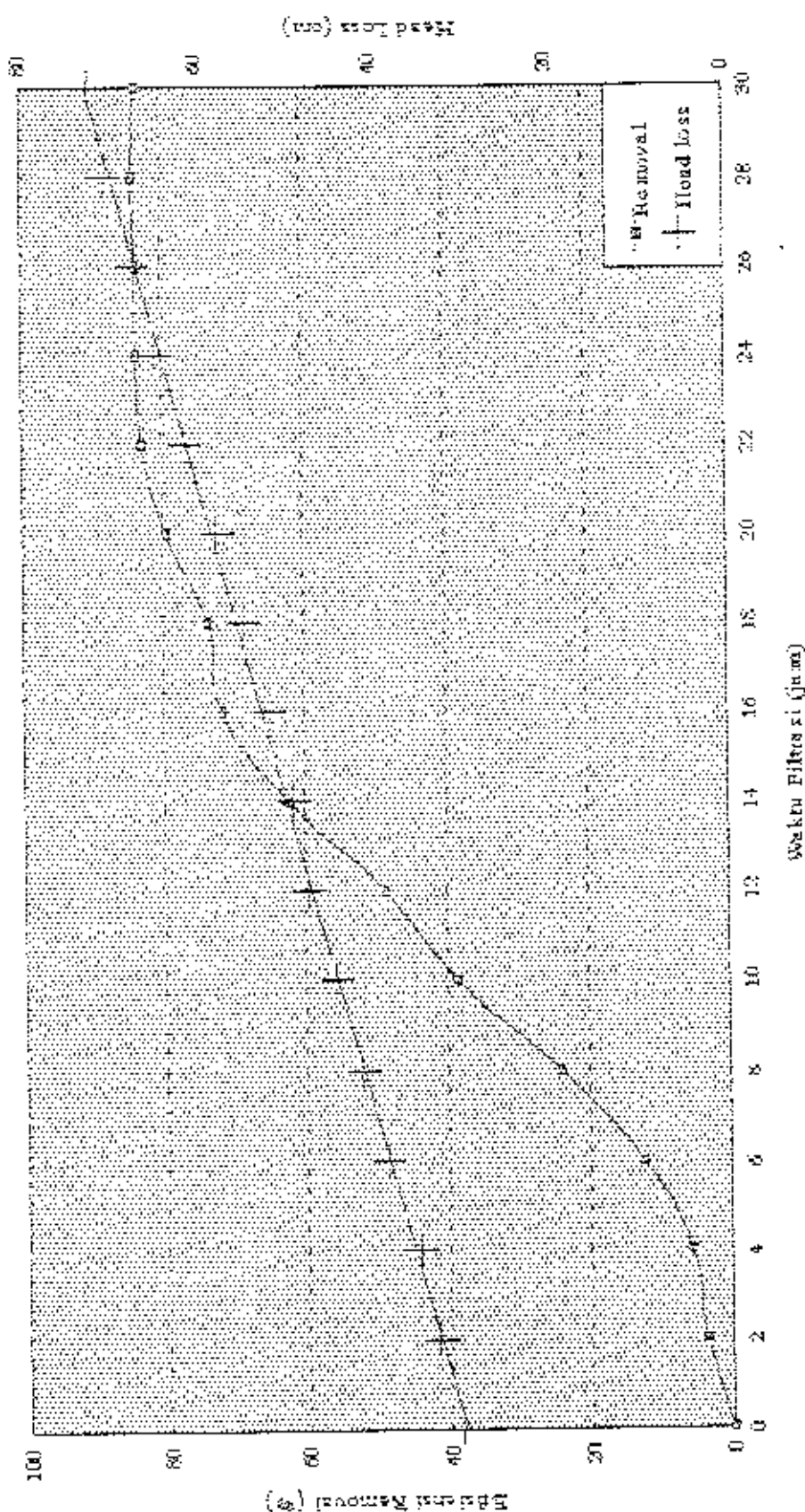
CARAK L-28 HUBUNGAN REJUSISI, HEAD LOSS & WAKTU FILTRASI

Konduktivitas : 1200  $\mu$  S/cm  
Suhu : 25°C  
Medan Yagis Kwarsa



# GRAFIK (2) PENYUMBUHAN PERSENTASI HEAD LOSS & WAKTU FILTRASI

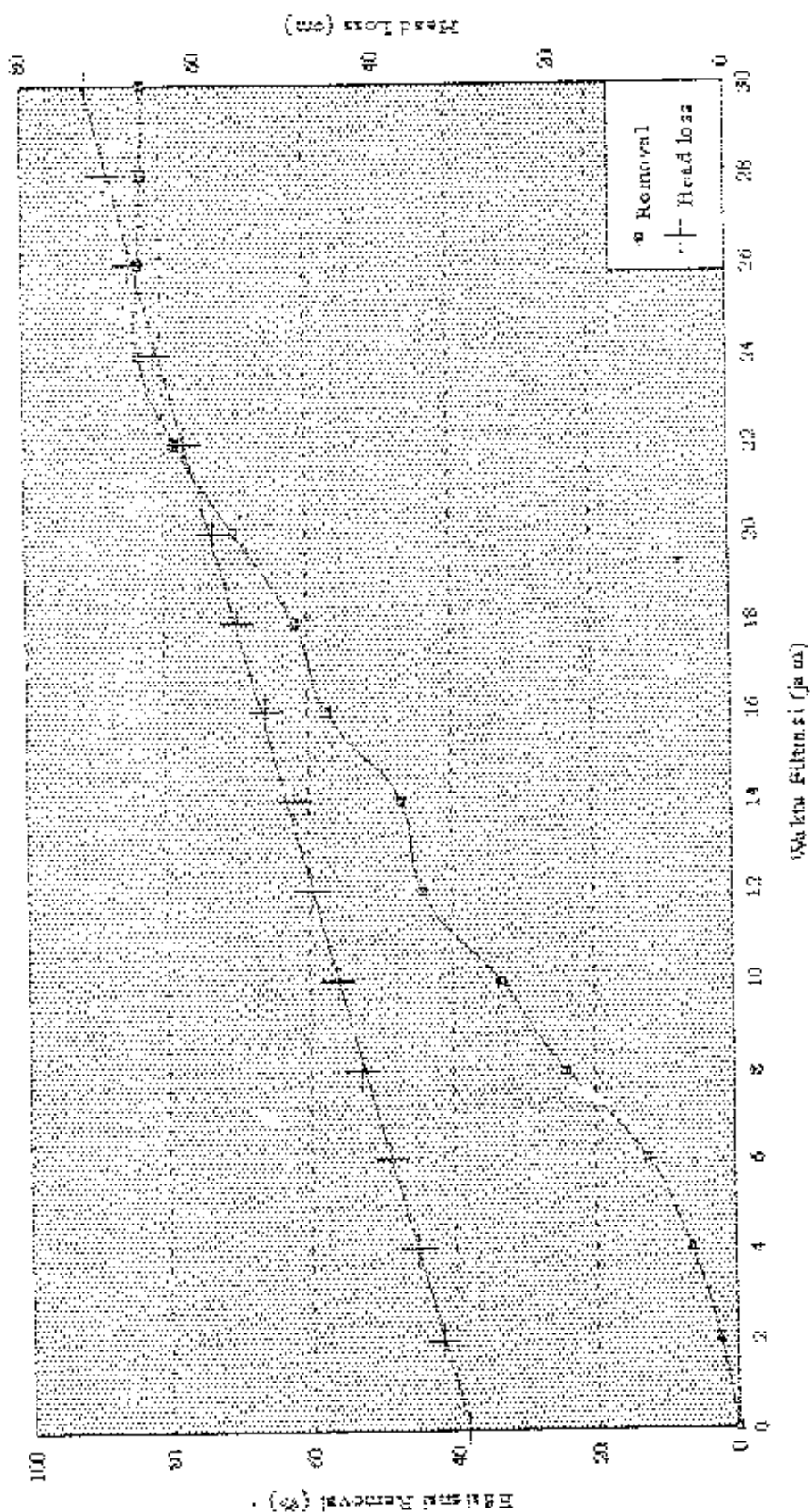
Konstante uji pada : 0,01 mg/l & 0,02 mg/l  
Media Pasir Cijayan



# GRAFIK L-30 FLEUNGCIAN BEKASIBISI, LUBAD LOSS & WAKTU FILTRASI

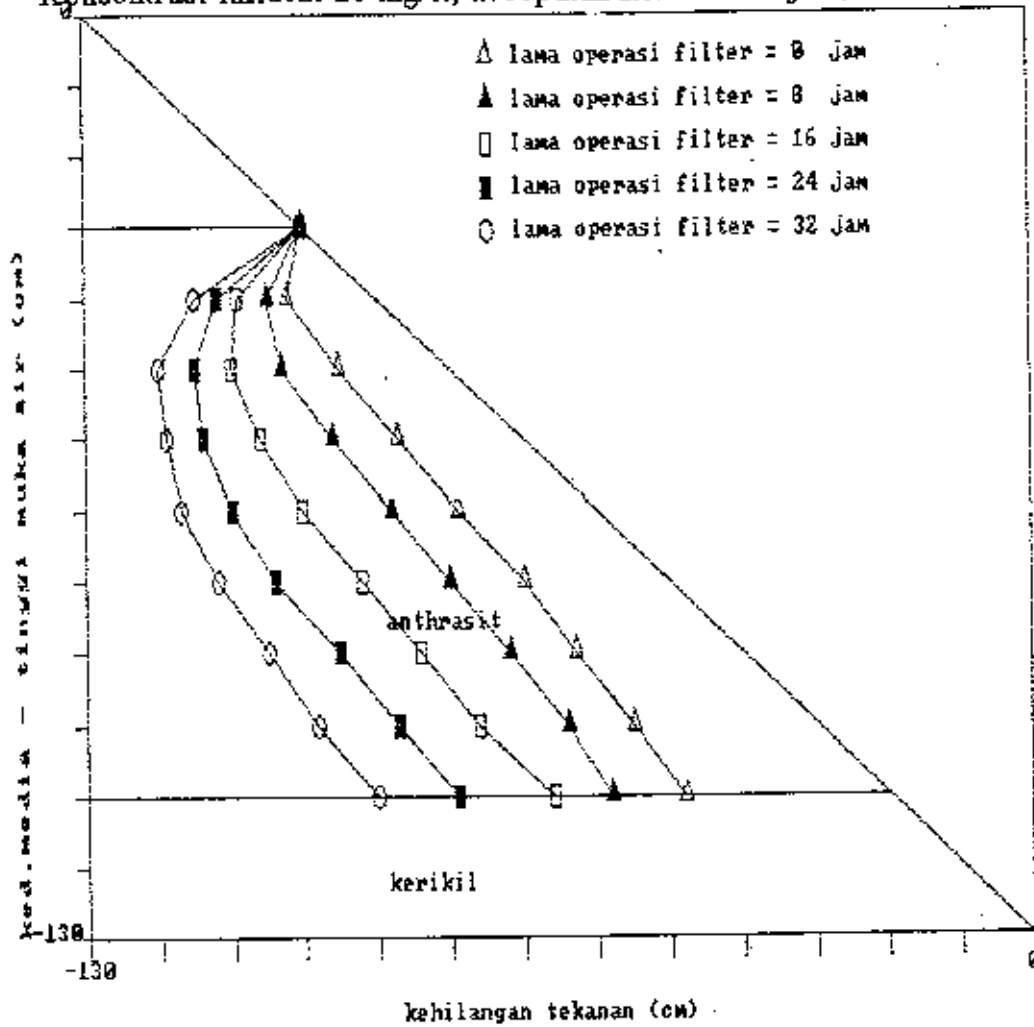
Kandungan : 50 ml - 70 ml / 100 ml / 100 ml / 100 ml

Metode : Jarak X Waktu



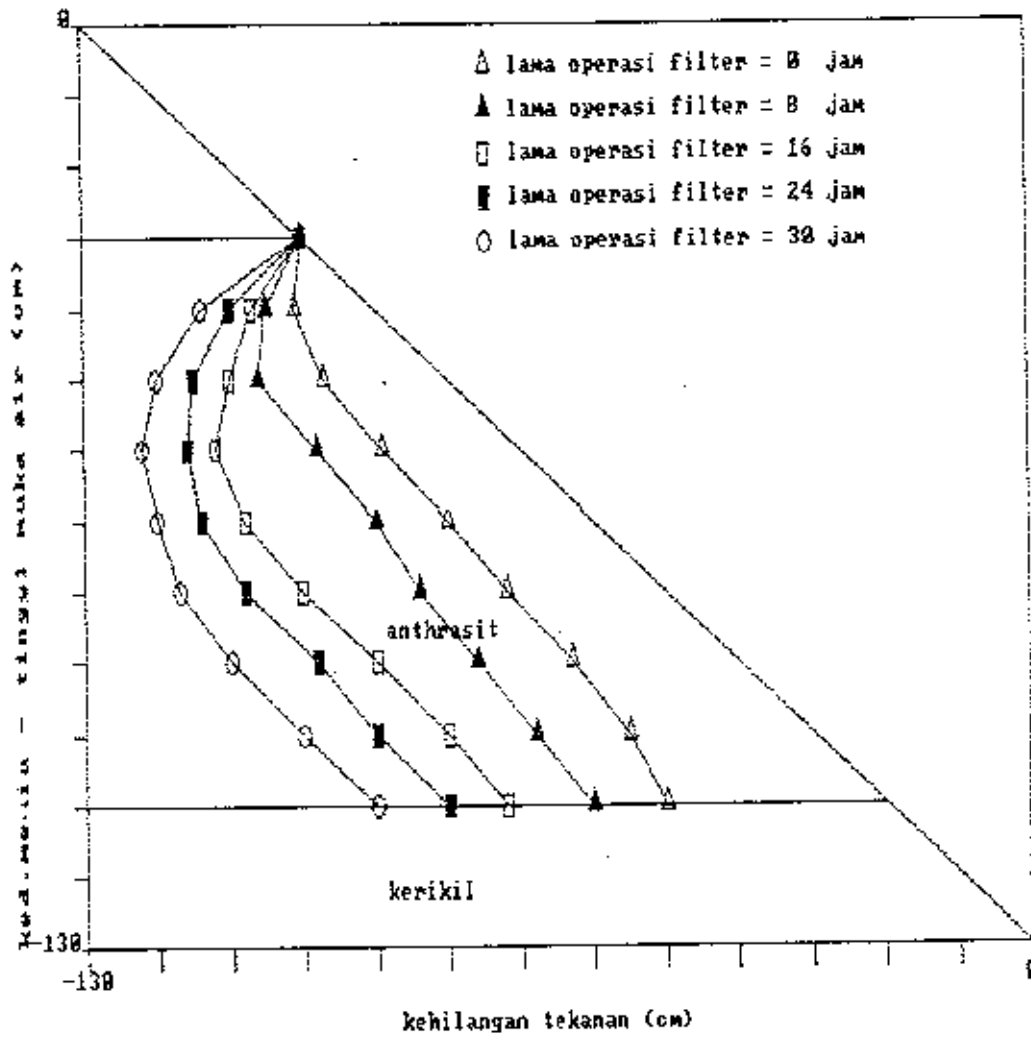
Grafik L-31 Distribusi Tekanan

Konsentrasi influent 20 mg/lt, kecepatan filtrasi 4 m/jam, media antrasit



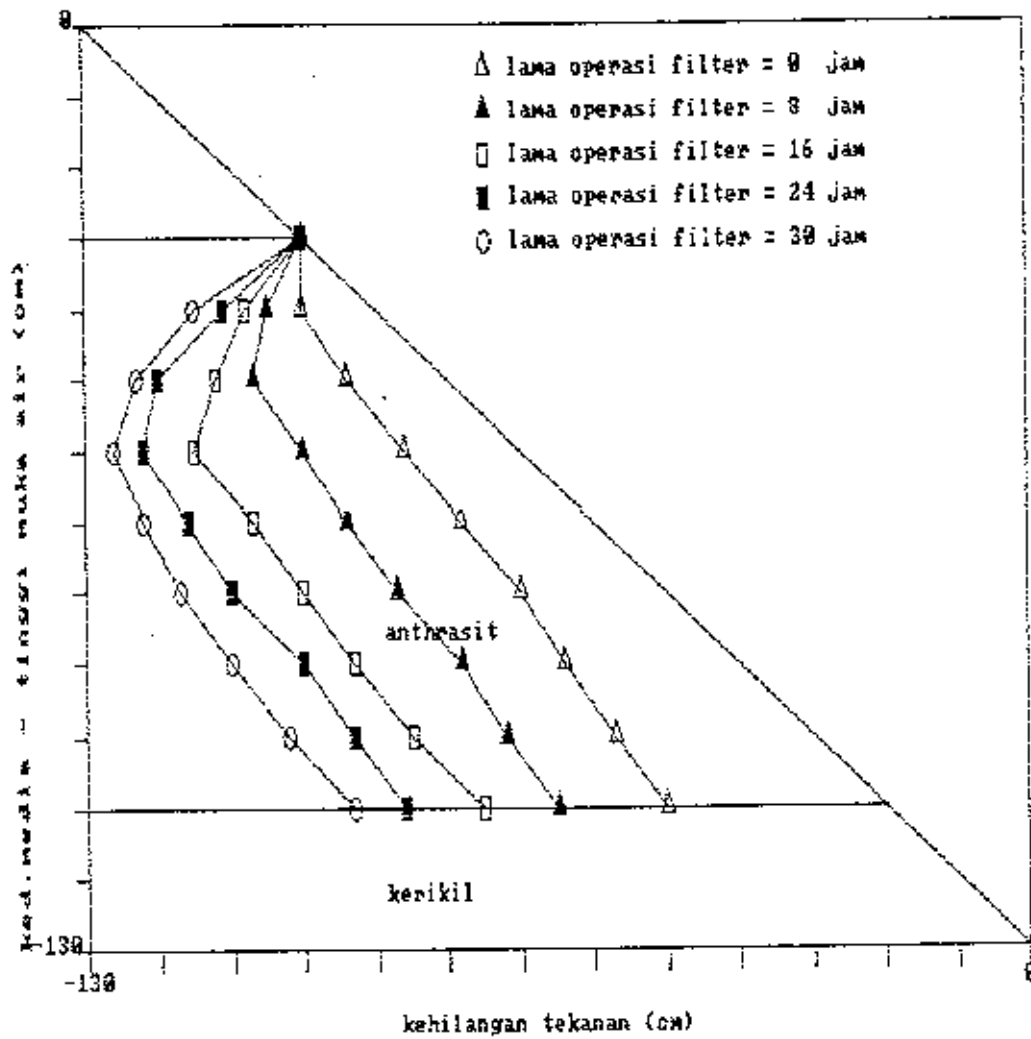
Grafik L-32 Distribusi Tekanan

Konsentrasi influent 40 mg/lit, kecepatan filtrasi 6 m/jam, media antrasit



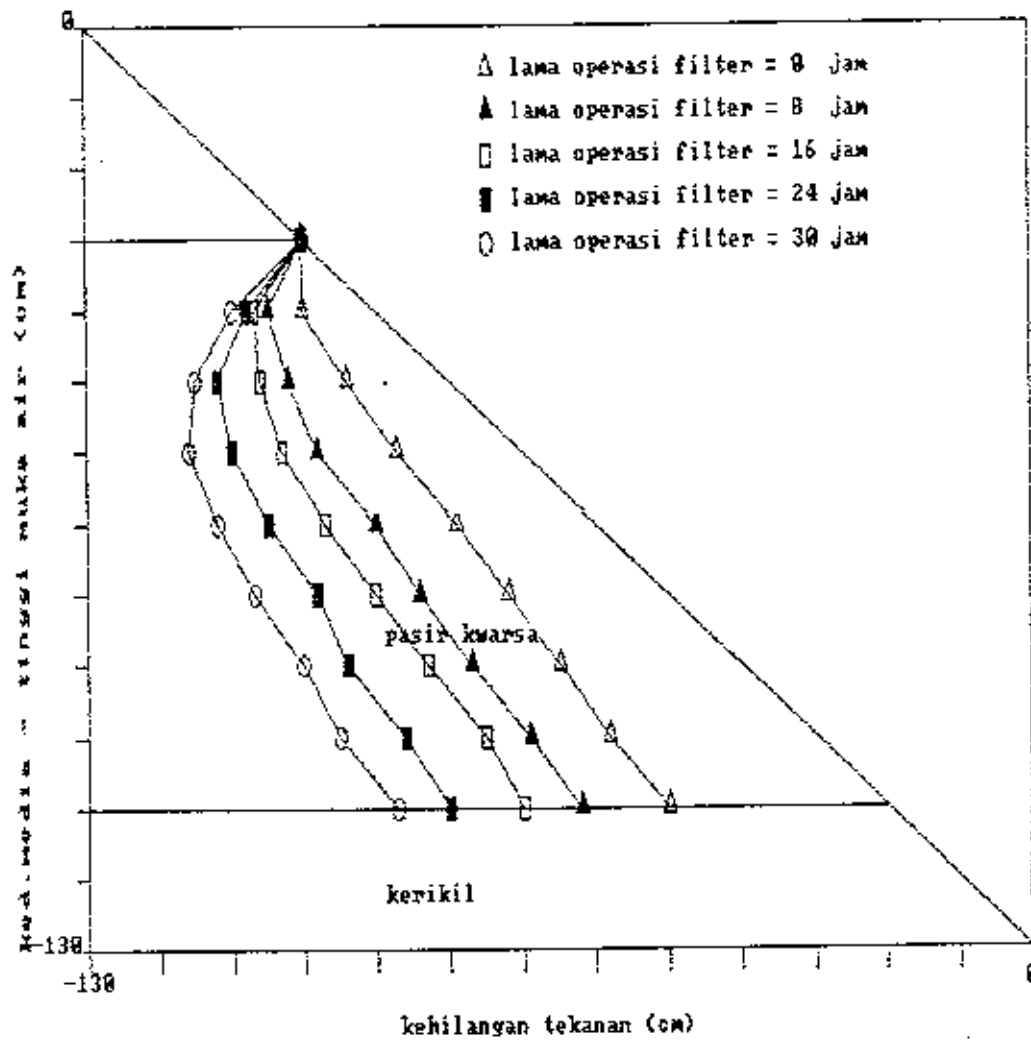
Grafik L-33 Distribusi Tekanan

Konsentrasi influent 60 mg/lit, kecepatan filtrasi 8 m/jam, media antrasit



Grafik L-34 Distribusi Tekanan

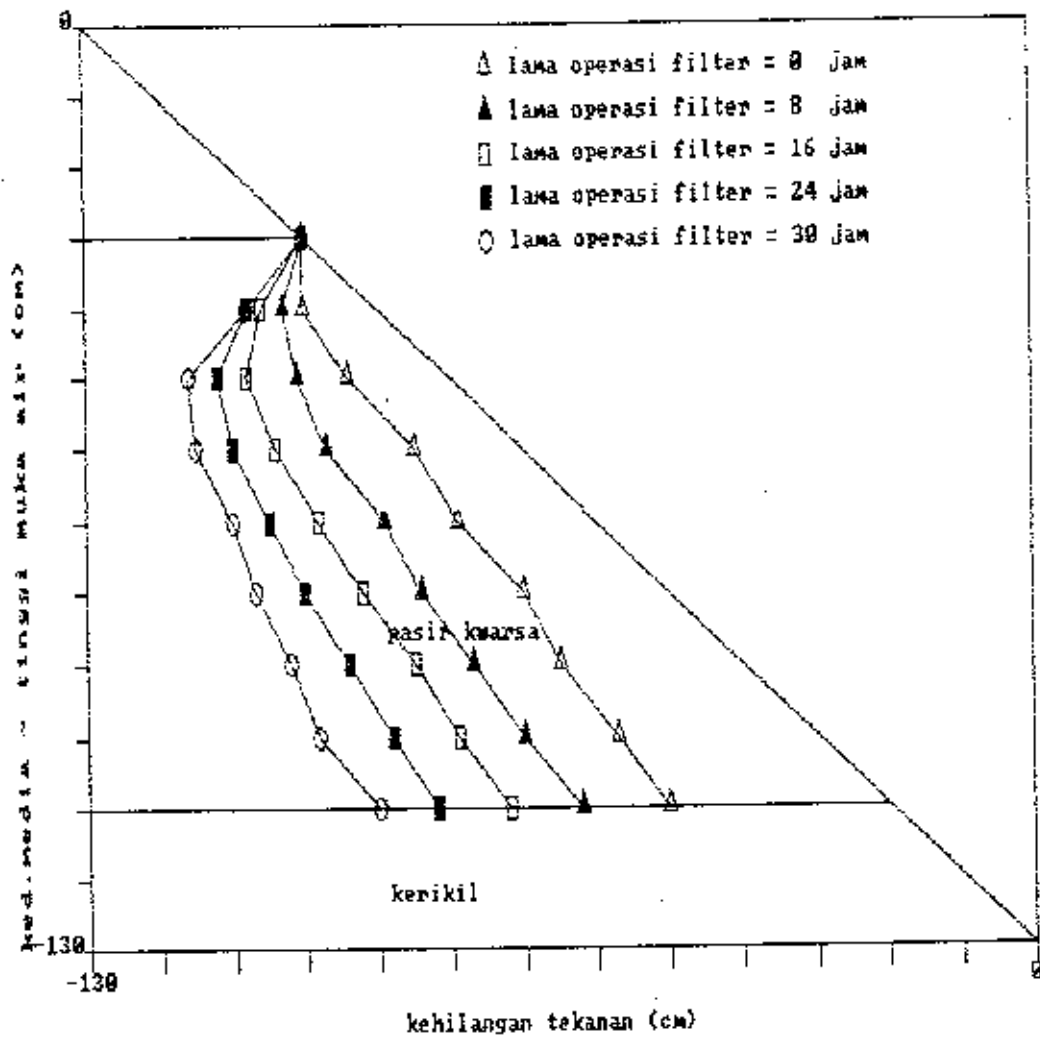
Konsentrasi influent 20 mg/l, kecepatan filtrasi 4 m/jam, media pasir kwarsa





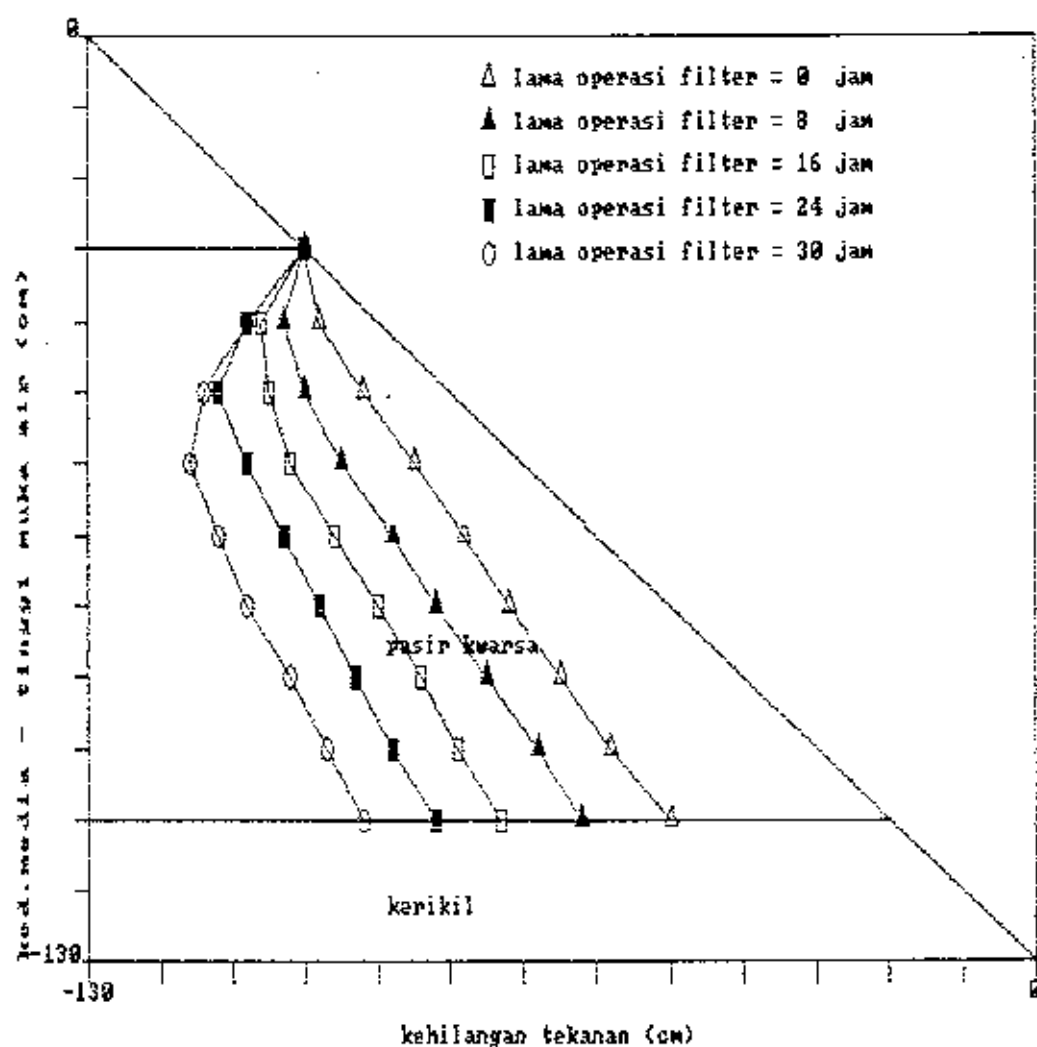
Grafik L-35 Distribusi Tekanan

Konsentrasi influent 40 mg/l, kecepatan filtrasi 6 m/jam, media pasir kwarsa

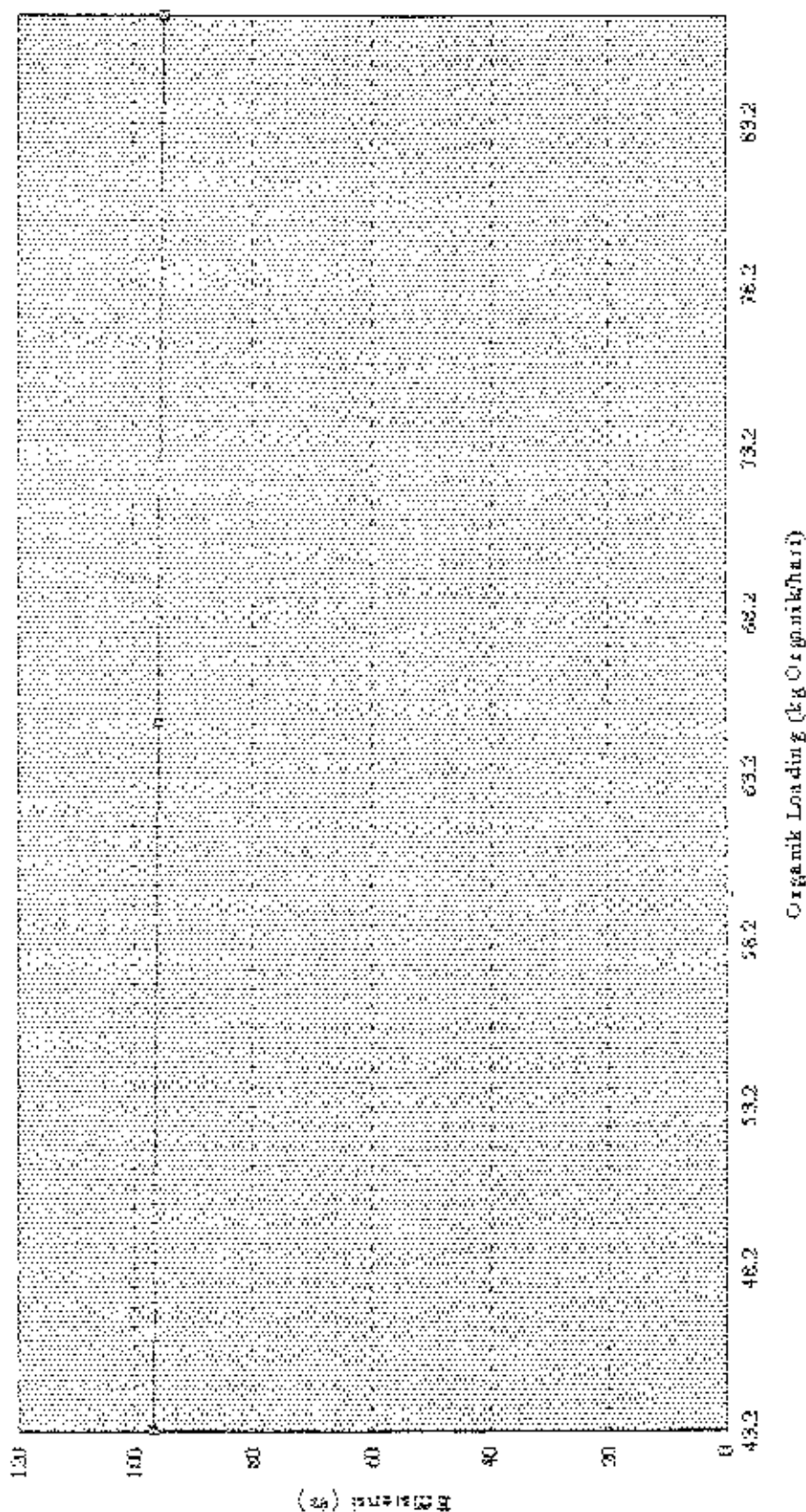


# Grafik L-36 Distribusi Tekanan

Konsentrasi influent 60 mg/lit, kecepatan filtrasi 8 m/jam, media pasir kwarsa

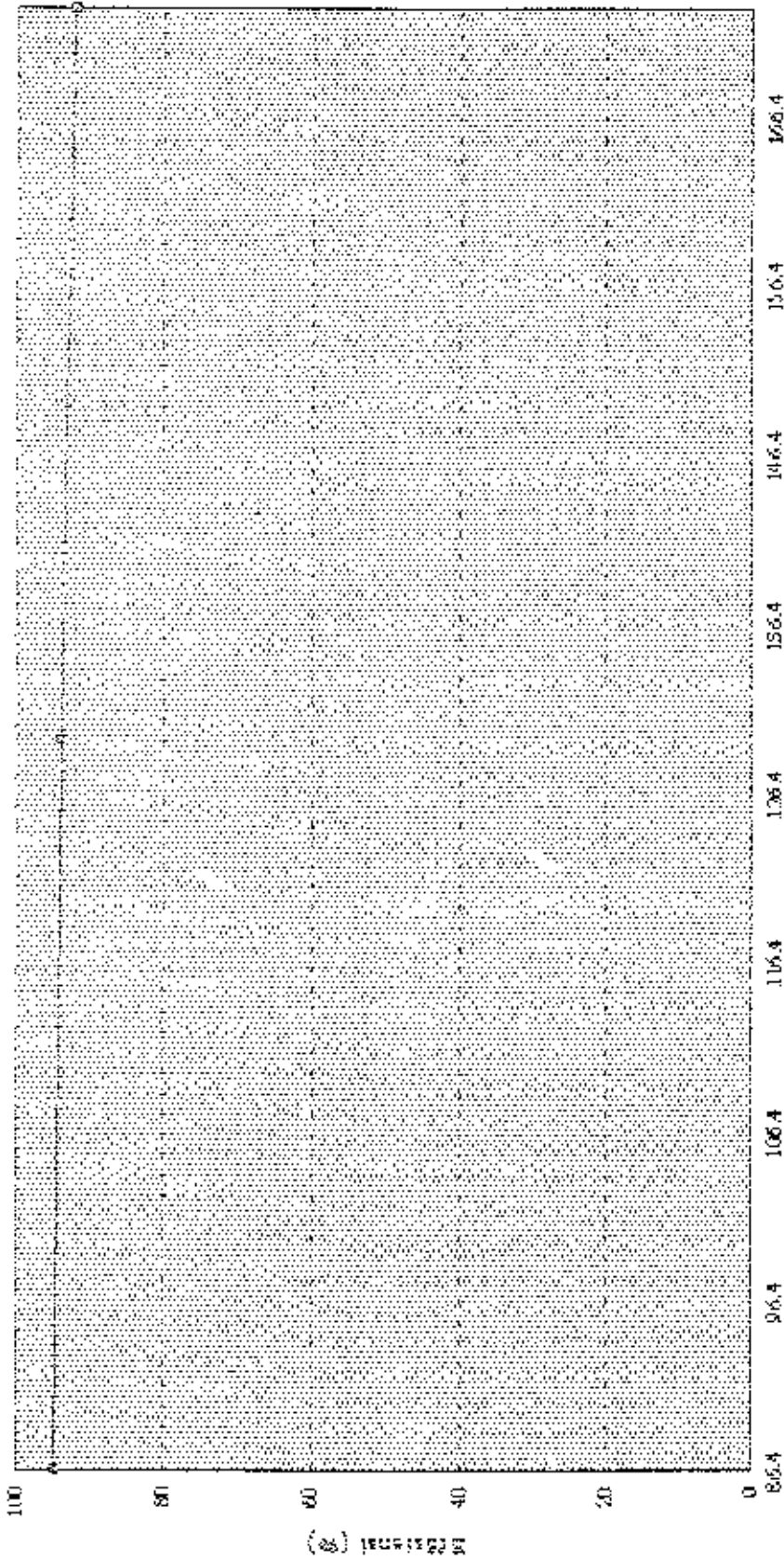


GRAPIK 1-37 HUBUNGAN ORGANIK LOADING TERHADAP PERSENTASI SENSI REMOVAL ORGANIK  
 ORGANIK REPRESENT = 20 mg/l  
 MEDIA ANTIHANT



GRAFIK 5.30 HUBUNGAN ORGANIK LOADING TERHADAP PERSENTASI REMOVAL ORGANIK

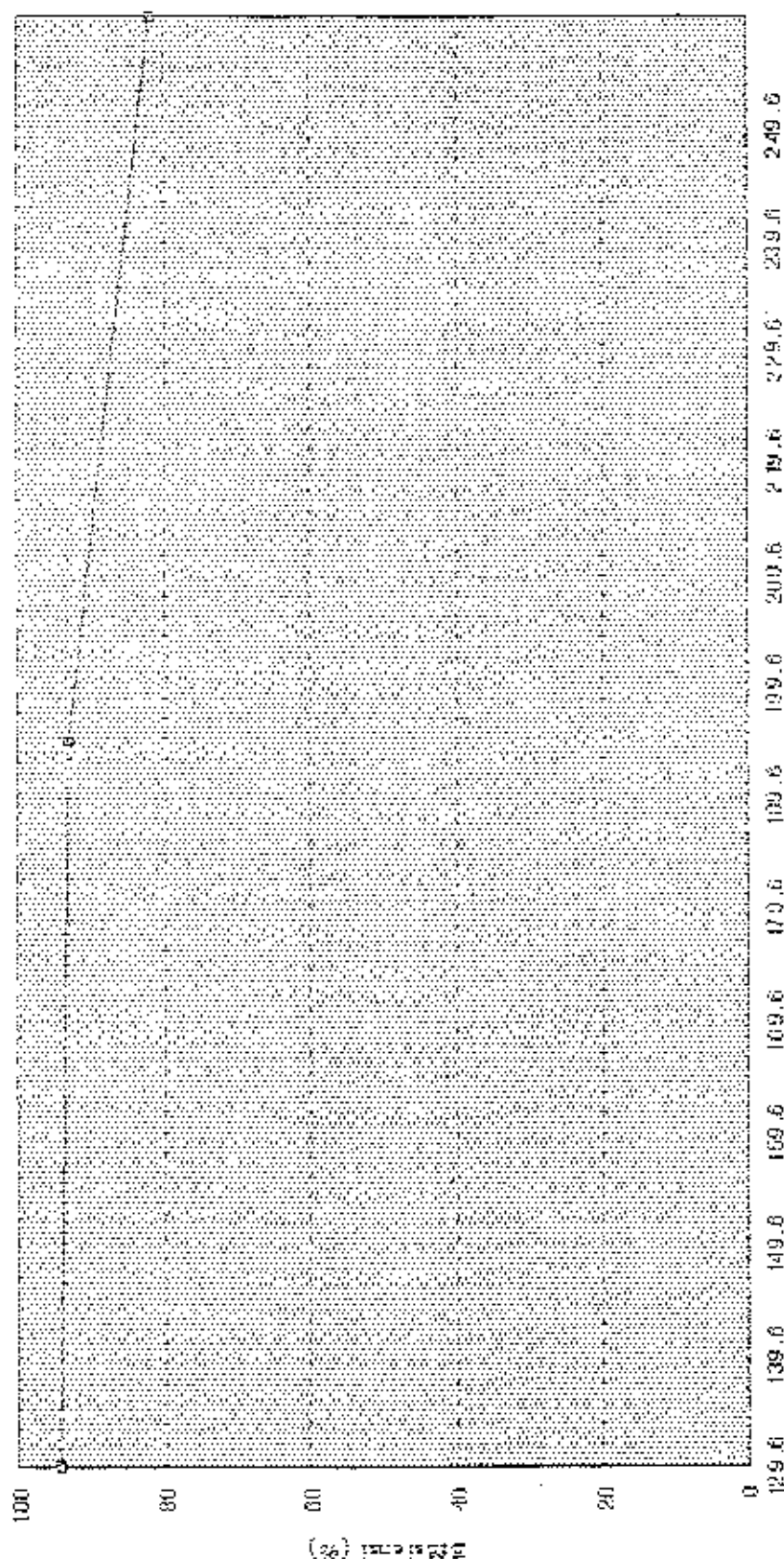
CONCENTRATION INFLUENT = 40 mg/l  
40000 mg/l



Organik Loading (kg O<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>/hari)

# GRAFIK 1-29 HUBUNGAN KONSTANKE LOADING TERHADAP PERHISIAHNSI REMOVAL ORGANIK

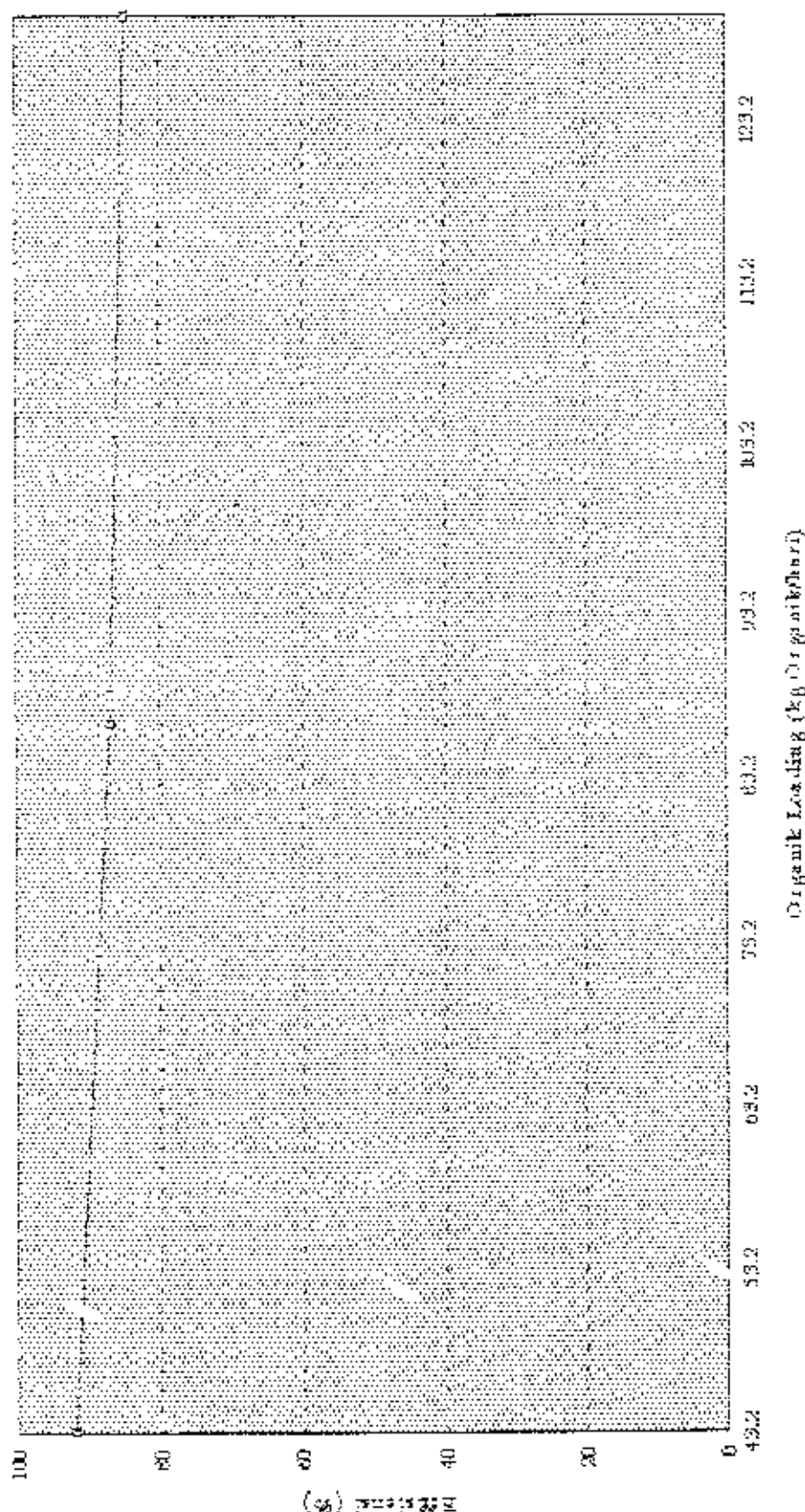
(KONSTANKE LOADING = 20 mg/l)  
MUDA, AIRASII



Organik Loading (kg Organic/m²)

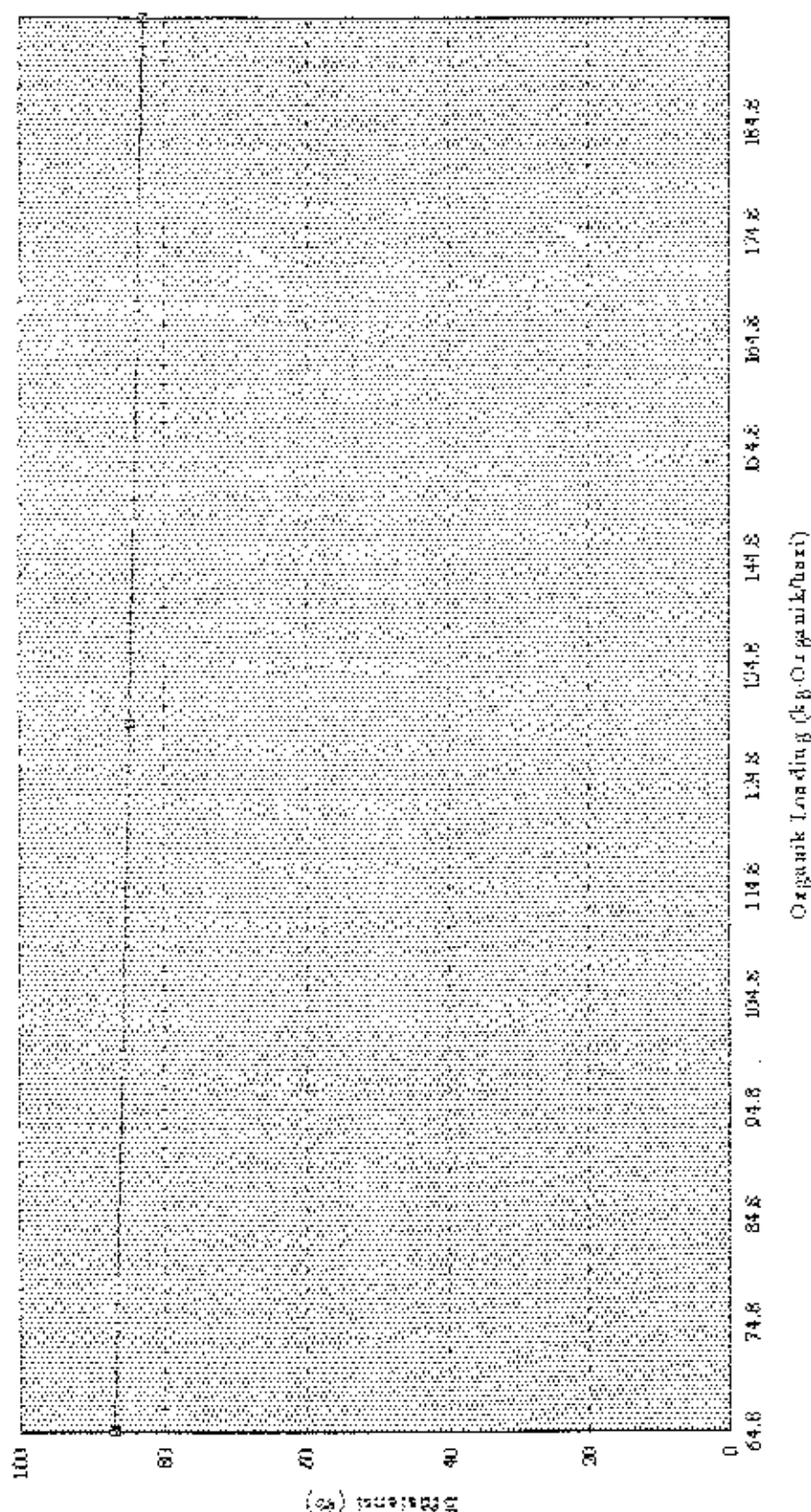
GRAFIK E-KUANTIFIKASI ORGANIK LOADING TERHADAP HANSEN TUMBUHAN ORGANIK

DATA 1-4 m/jam  
MEDIA POKOK BAKTERIA



GRAFIK 1-41 BENTUKAN ORGANIK LOADING TERHADAP BENTUKAN KUMULATIF ORGANIK

DATA PANGKAS

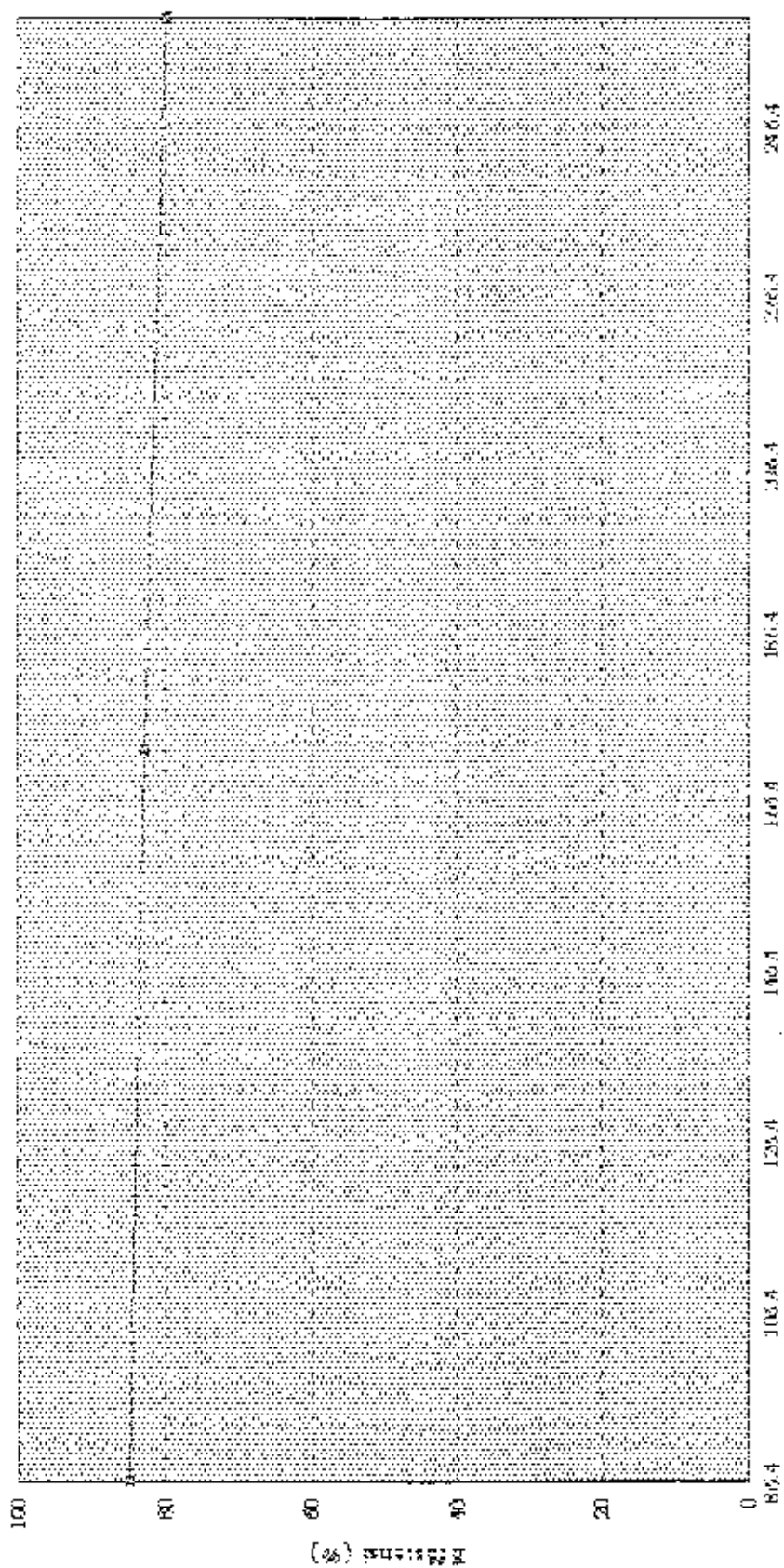




# GRAFIK PENGHITUNGAN ORGANIK LOADING TERHADAP BREKSI PENYIHNAN ORGANIK

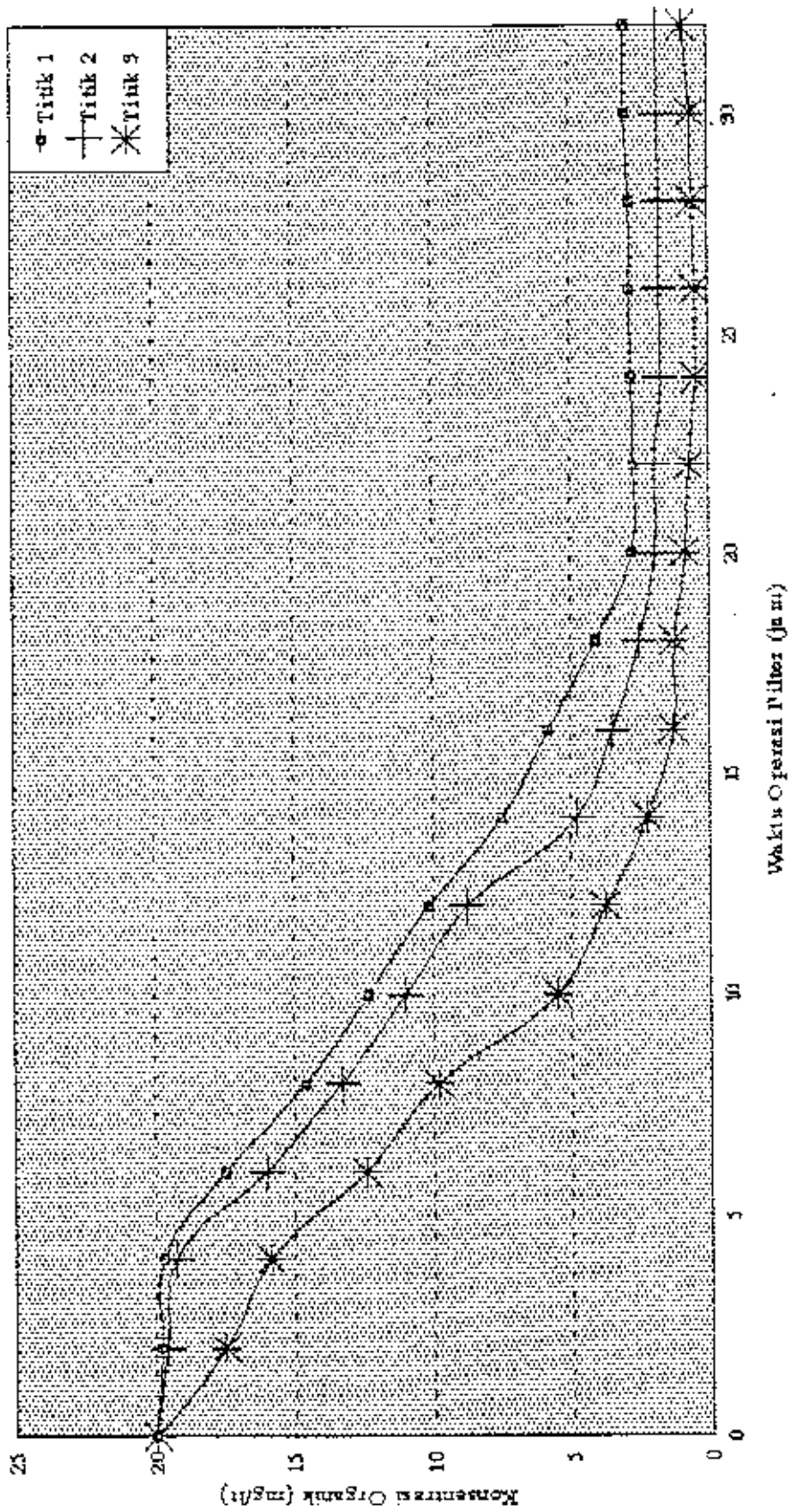
KARYA + R. 20/10/20

MURTA PAIRIK KARYA





GRAFIK L-43 REMOVAL ORGANIK DGN WAKTU FILTRASI  
 KONSENTRASI ORGANIK INFLUENT = 20 mg/l & RATES FILTRASI 1 ml/jam  
 3 TITIK TIGA TITIK SAMPLING POINT MEDIA ANTRASIT

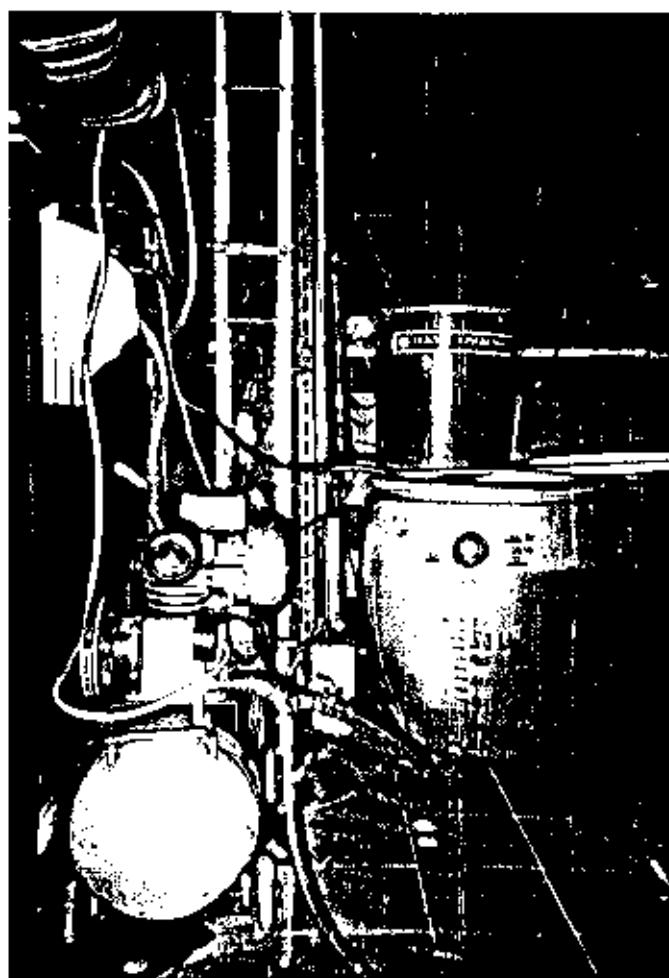


LAMPIRAN 10

Foto Pelengkap



Operasi model Fixed Granular Bed dengan  
bak air baku (kiri), air terolah (kanan) serta pipa pengukur tekanan



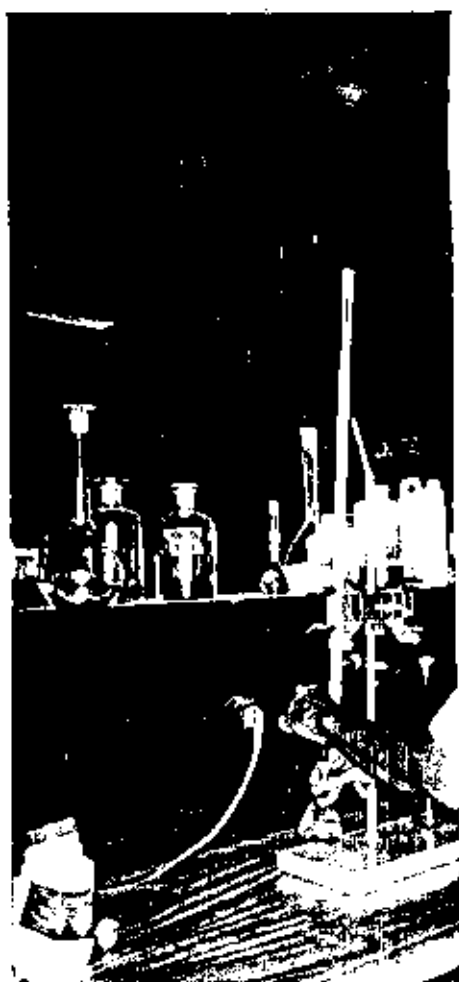
Kompresor pada bagian depan sebagai supplier udara  
pada operasi Fixed Granular Bed



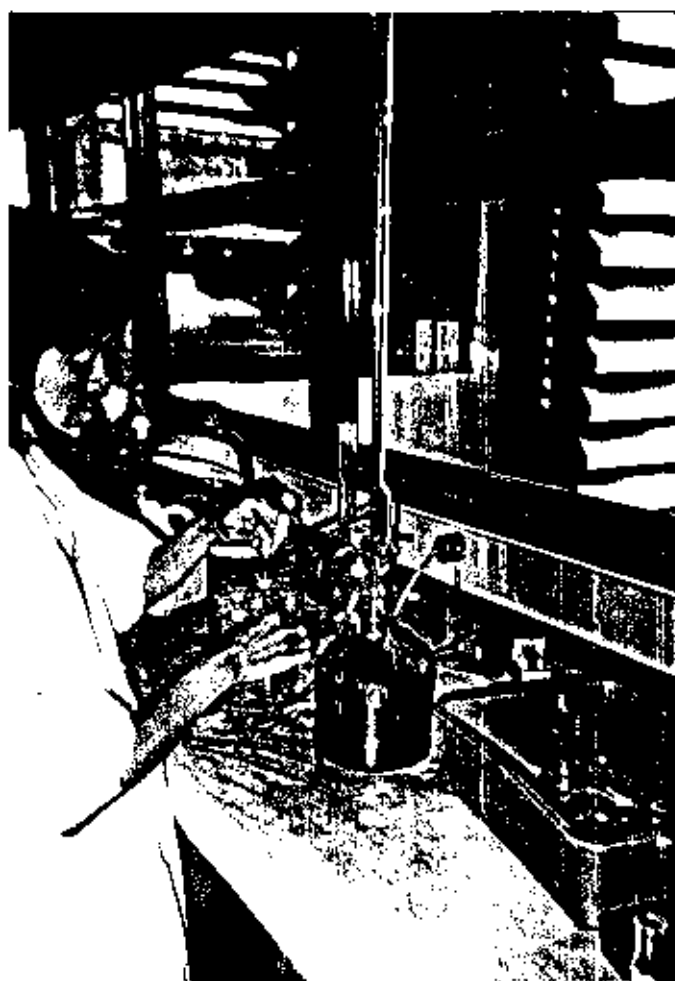
Model Fixed Granular Bed dengan 2 sampling point, menggunakan media antrasit  
dan bak air terolah pada bagian kanan



Operasi model Fixed Granular Bed dengan media pasir kwarsa  
bagian sebelah kiri air baku dan bagian kanan air terolah



**Analisa pengukuran oksigen terlarut (metode titrasi)**



Analisa pengukuran nilai permanganat (metode titrasi)

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 LATAR BELAKANG

Proses pertumbuhan dan perkembangan di bidang industri banyak menimbulkan masalah disamping manfaat yang kita rasakan bersama juga tidak sedikit. Proses industri selalu akan menimbulkan sampah / limbah yang pada umumnya disalurkan dan dibuang melalui badan air. Selain tinjauan diatas, produk limbah yang dihasilkan dari kawasan domestik juga tidak luput dari perhatian kita bersama tentang upaya untuk selalu memantau tingkat pencemaran yang diakibatkan oleh produk limbah. Bahkan tidak mustahil bahwa kontribusi buangan domestik di perairan kita akan lebih membahayakan terhadap keberadaan ekosistem perairan dan lingkungan sekitar. Faktor yang sangat berpengaruh disini adalah budaya serta latar belakang pendidikan dari penduduk di sekitarnya akan kelestarian lingkungan mereka.

Air merupakan kebutuhan yang sangat mendasar, dimana hampir setiap aktivitas manusia selalu saja berkaitan dengan air bersih atau air minum baik secara langsung maupun tak langsung. Sumber air yang umum digunakan untuk memenuhi keperluan manusia antara lain dapat diperoleh melalui air permukaan seperti air sungai, danau, air hujan, air tanah serta mata air.

Mengingat adanya suatu keterbatasan dalam hal jumlah air yang terkandung di lingkungan alam ini, maka kita semuanya dituntut adanya suatu pemikiran dan upaya



untuk selalu menjaga kualitas maupun kuantitas dari sumber air yang ada agar supaya dapat kita manfaatkan secara lebih optimal. Dalam konteks ini diperlukan beberapa upaya teknologi pengolahan air bersih yang didukung oleh sistem operasional secara lebih efektif dan efisien.

Oleh karena itu dalam kesempatan ini perlu diteliti alternatif pengolahan air bersih yang bertujuan untuk menurunkan kandungan zat organik dalam air. Dalam hal ini akan diuji kemampuan reaktor Fixed Granular Bed untuk mencapai tujuan diatas.

## 1.2 IDE STUDI

Beberapa teknologi pengolahan air baik itu untuk mengolah air buangan maupun air bersih sudah sama-sama kita kenal bentuk fisik serta proses yang terjadi di dalamnya. Dalam teknologi pengolahan air buangan sering kita dapati bahwa pengolahan dengan proses biologis sangat efisien untuk meremoval kandungan organik dalam air buangan. Proses lumpur aktif ataupun trickling filter merupakan reaktor dimana proses pengolahan secara biologis disitu berlangsung.

Lain halnya dengan proses pengolahan air bersih, disini yang dominan digunakan untuk memperbaiki kualitas air adalah proses fisik kimiawi, sedangkan untuk proses biologis hampir tidak pernah ( jarang ) dipergunakan karena beberapa alasan teknis dan non teknis. Padahal kita belum tahu banyak mengenai efisiensi proses biologis bilamana diaplikasikan dalam teknologi pengolahan air minum. Hal ini mendorong kami untuk meneliti suatu reaktor dimana didalamnya berlangsung selain

proses fisik, proses biologis juga diharapkan akan terjadi , sehingga dapat diperoleh informasi sejauh mana alat tersebut dapat memperbaiki kualitas air yang diolah.

Proses penurunan zat organik dapat berlangsung secara oksidasi biologis dalam suasana aerobik. Proses tersebut dapat diterapkan dalam suatu media butiran dimana mekanisme penurunan zat organik terjadi pada permukaan butiran media. Pada penelitian ini akan diuji kemampuan reaktor Fixed Granular Bed dimana air akan dilewatkan kedalam reaktor, dibantu oleh supply udara secara kontinyu dari bagian dasar reaktor, sehingga kondisi aerobik akan tetap terjaga. Dengan demikian maka diharapkan selama waktu detensi tertentu zat organik akan mengalami reduksi.

### 1.3 TUJUAN PENELITIAN

Dalam penelitian yang akan dilakukan, terdapat tujuan sebagai berikut :

- ① Mengamati dan menganalisis proses penurunan kandungan organik sebagai nilai Permanganat dalam model reaktor fixed granular bed ;
- ② Menganalisis tingkat kemampuan dari media filter antrasit dan pasir kwarsa dalam proses penurunan kandungan organik dalam air.

### 1.4 RUANG LINGKUP PENELITIAN

Batasan yang ditetapkan untuk mencapai sasaran dan tujuan yang akan diambil antara lain adalah :

- ① Parameter yang akan dianalisis adalah tingkat penurunan kandungan organik sebagai nilai Permanganat dalam air baku;

- ☉ Sampel air baku dalam hal ini menggunakan sampel air buatan dengan kandungan organik dengan konsentrasi 20 mg/lit, 40 mg/lit dan 60 mg/lit ;
- ☉ Sumber organik dalam air sampel buatan menggunakan glukosa ;
- ☉ Media filter yang digunakan terdiri atas antrasit dan pasir kwarsa dengan sistem single media dan ketebalan media berkisar 80 cm ;
- ☉ Ukuran butiran media antrasit berkisar antara 0,055 cm s/d 0,19 cm sedangkan media pasir kwarsa antara 0,055 cm s/d 0,19 cm ;
- ☉ Model filter yang digunakan berkapasitas kurang lebih 40 liter dengan sistem operasi down flow constant rate filtration;
- ☉ Model filter dilengkapi supply udara dari diffused aerator dengan flow tertentu yang diukur menggunakan flow meter / rotameter ;
- ☉ Dilakukan variasi terhadap konsentrasi organik dalam air baku, rate filtrasi serta jenis media dengan mengamati :
  - nilai dissolved oksigen;
  - pH ;
  - headloss.

## BAB II

# TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 UMUM

Filtrasi adalah sebuah unit proses yang umum digunakan dalam pengolahan air minum maupun air buangan, yang berguna untuk meremoval partikel-partikel yang terdapat didalam air. Pada prosesnya air merembes dan melewati media filter sehingga partikulat akan terakumulasi pada permukaan filter dan terkumpul sepanjang kedalaman media yang dilewatinya. Filter juga mempunyai kemampuan untuk memisahkan partikulat semua ukuran termasuk didalamnya algae, virus, asbestos fiber dan koloid-koloid tanah tergantung pada perencanaan parameter-parameter yang digunakan. Type dari media filter yang biasa digunakan adalah sebagai berikut:

- ① screen ,contoh polyethylene, stainlesssteel, kain ,  
ukuran efektif size = 1 -100  $\mu\text{m}$
- ② diatomaceous, contoh sisa-sisa fosil alliceous  
ukuran rata 7 - 50  $\mu\text{m}$ .
- ③ granular ,contoh sand, anthracite, batubara, magnetite, pasir garnet, sabut kelapa  
ukuran 0,1 - 10 mm (15)

### 2.2 PENGERTIAN FILTRASI

Dalam beberapa literatur dinyatakan pengertian tentang filtrasi yaitu antara lain :

1.AWWA (American Water Works Association).

Filtrasi air adalah suatu proses fisik kimiawi untuk memisahkan zat-zat tersuspensi koloid dari air dengan melewati melalui suatu media porous, biasanya lapisan pasir atau bahan butiran.

2.L. Huisman

Filtrasi adalah suatu proses perbaikan, dimana air diolah melewati suatu substansi porous. Selama proses ini kualitas air berubah dengan terpisahnya bagian bahan tersuspensi dan koloid, reduksi jumlah bakteri dan organisme lain serta perubahan dalam kandungan zat-zat kimia.

3.M. Anis Al- Layla

Filtrasi adalah suatu proses dimana air diupayakan melewati suatu lapisan pasir, atau suatu kombinasi bahan butiran, untuk memisahkan zat-zat tersuspensi dan koloid yang ada.

4.Tom D Reynolds

Filtrasi adalah suatu pemisahan padatan dan cairan dalam hal mana cairan ditempatkan melalui media porous untuk memisahkan zat padat tersuspensi halus yang mungkin ada.

## 2.3 MEKANISME

Menurut karakteristik dari partikel-partikel yang akan masuk ke dalam filter dan material yang digunakan dalam proses filtrasi, prinsip mekanismenya meliputi : mekanisme pengangkutan (transportasi), mekanisme pelekatan (attachment), mekanisme pengelupasan (detachment).

### 2.3.1 MEKANISME PENGANGKUTAN

1. Penahanan mekanis (mechanical straining) terjadi bila partikulat mempunyai ukuran lebih besar daripada bukaan pori didalam butiran media. Peristiwa ini biasanya terjadi pada permukaan media.
2. Deposit pada material filter, partikel yang tersuspensi mengikuti garis searah dalam cairan. Fenomena yang ada dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

- Intersepsi terjadi pada partikel-partikel yang pusatnya terletak pada garis arus (stream lines) di dekat dinding pori-pori menyebabkan jari-jarinya sedemikian rupa sehingga dapat menyentuh dinding butiran. Pada keadaan ini partikel yang berada di bawah pengaruh gaya permukaan butiran.

$$1 = \frac{d}{D} = 2,0 \cdot 10^{-4} - 1,0 \cdot 10^{-1} \dots (2-1)$$

$d$  = diameter partikel

$D$  = diameter pori.

Bila  $1$  mendekati  $1,0$  terjadi penahanan.

- Inertia peranannya kecil karena memberikan efisiensi pengumpulan pengotor pada butir penyaring yang dapat diabaikan. Efisiensi pengumpulan pada butir penyaring :

$$E = \frac{\rho_s \cdot d^2 \cdot V}{18 \cdot \mu \cdot D} \dots\dots\dots (2-2)$$

$E$  = efisiensi pengumpulan (%)

$\rho_s$  = kerapatan partikel (gr/cm )

$v$  = kecepatan aliran (m /j.m )

$\mu$  = viskositas dinamik (gr/cm.dt)

- Gravitasi dikembangkan oleh Hazen dan digambarkan sebagai proses pengendapan mini ( diantara pori-pori butiran ) berdasarkan hukum Stokes :

$$V = \frac{g \cdot (\rho_s - \rho) \cdot d^2}{18 \cdot \mu} \dots\dots\dots (2-3)$$

$\rho$  = kerapatan air (gr/cm )

- Gerak hidrodinamis banyak dipengaruhi oleh bilangan Reynold. Efisiensi penyaringan ditentukan oleh kondisi aliran laminar atau turbulen.(9)

### 2.3.2 MEKANISME PELEKATAN

Partikulat yang mendekati permukaan media, dengan jarak yang pendek dan adanya gaya permukaan media akan mempengaruhi dinamika partikulat. Jika partikulat tidak mempunyai kestabilan, benturan antara partikulat dan butiran media akan memungkinkan terjadinya pelekatan. Penangkapan partikulat hanya terjadi bilamana muatan permukaan dari butiran media dan partikulat mempunyai muatan yang berlawanan (Stein 1940; Yao 1968; Kavanoug 1974).<sup>(15)</sup>

### 2.3.3 MEKANISME PENGELUPASAN

Pengelupasan terjadi karena adanya bagian yang mengalami pengaliran besar disebabkan bagian lain terdapat pori yang tertutup akibat akumulasi flok, sehingga karena pemampatan ruang gerak aliran air menjadi lebih deras di beberapa bagian. <sup>(9)</sup>

## 2.4 HIDROLIKA FILTRASI

### 2.4.1 PERHITUNGAN KEHILANGAN TEKANAN

Persamaan-persamaan yang digunakan untuk menghitung kehilangan tekanan adalah :



## 1. Persamaan Carman Kozeny

Carman Kozeny mengembangkan persamaan baru dari persamaan Darcy Wiesbach untuk saluran tertutup. Kehilangan tekanan dari media filter pada keadaan bersih dinyatakan dalam:

$$h_f = \frac{k \cdot \mu \cdot v}{g \cdot \rho} \times \frac{(1-f)^2}{f} \times \left[ \frac{A}{V} \right]^3 \times L \dots (2-4)$$

$h_f$  = kehilangan tekanan

$k$  = koefisien Darcy

$\mu$  = viskositas absolut

$f$  = porositas media

$g$  = percepatan gravitasi

$\rho$  = densitas

$A$  = luas permukaan media butiran

$V$  = volume saluran yang dibentuk oleh butiran

$L$  = kedalaman media

## 2. Persamaan Rose

Persamaan ini pada umumnya digunakan untuk menghitung hidrolis saringan pasir cepat :

$$h_f = \frac{1,067}{\phi} \times \frac{L \cdot v^2}{g \cdot s^4} \times \sum \frac{C_d X}{d} \dots (2-5)$$

$h_f$  = kehilangan tekanan ;

- $\varphi$  = faktor bentuk ;  
 $g$  = percepatan gravitasi ;  
 $L$  = ketebalan media ;  
 $d$  = diameter butiran ;  
 $C_d$  = koefisien drag ;  
 $e$  = porositas .

#### 2.4.2 KECEPATAN FILTRASI

Kecepatan filtrasi merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi efisiensi dari proses filtrasi. Kecepatan filtrasi merupakan rasio dari debit influen terhadap luas penampang filter bed. Untuk masing-masing jenis filter mempunyai karakteristik kecepatan (rate) yang berbeda - beda. Setiap jenis filter pada umumnya memiliki sistem atau sarana yang digunakan sebagai fungsi kontrol kecepatan pada saat proses filtrasi berlangsung. Ini yang dikenal dengan istilah constant rate system maupun declining rate system yang akan dijelaskan pada bagian selanjutnya. Perumusan umum untuk kecepatan filtrasi adalah merupakan rasio dari debit influen terhadap luas permukaan filter bed.

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(2 - 6)$$

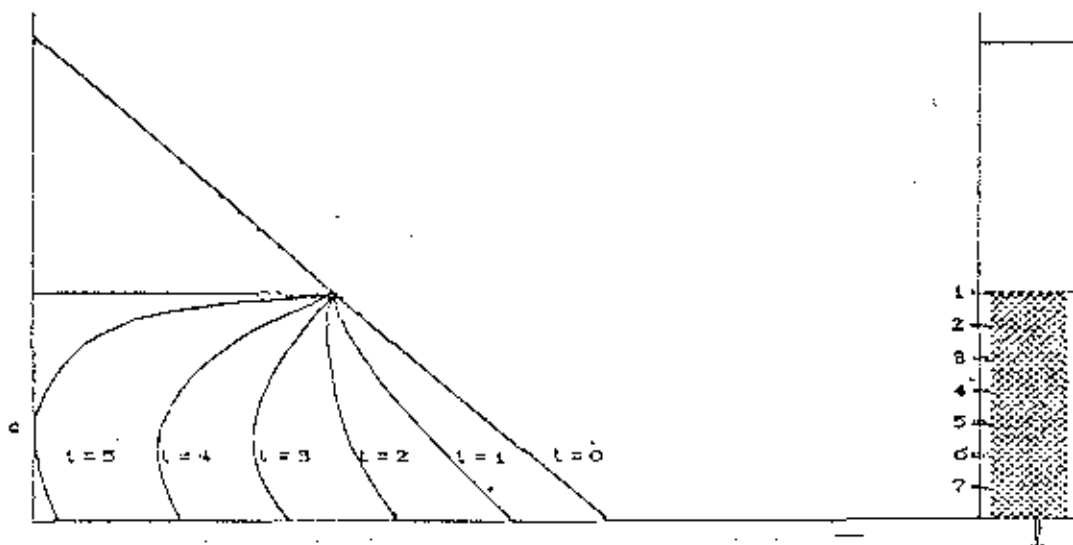
- $V$  = kecepatan filtrasi ;  
 $Q$  = debit influen ;

$A$  = luas permukaan filter bed.

### 2.4.3 DISTRIBUSI TEKANAN

Untuk interval waktu yang bervariasi selama proses filtrasi penyebaran tekanannya adalah sebagai berikut :

Waktu awal operasi atau  $t = 0$  belum ada kehilangan tekanan pada setiap bagian filter. Dan pada saat  $t = 1$  terjadi kehilangan tekanan pada setiap media filter, dimana kehilangan tekanan pada pipa pizometrik sebesar  $h_{f1}$ , pada pipa pizometrik kedua kehilangan tekanan sebesar  $h_{f2}$  dan seterusnya. Setelah proses filtrasi berlangsung selama  $t = 5$ , grafik distribusi tekanan menunjukkan batas clogging (titik c) pada filter bed, sehingga diperlukan pencucian (backwash). Jika proses filtrasi terus berlangsung, akan timbul head yang negatif dan akan berakibat buruk pada konsentrasi effluen. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 2 - 1 Distribusi Tekanan (16)

#### 2.4.4 HIDROLIKA BACKWASH

Pada prinsipnya kejadian yang berlangsung selama proses pencucian terjadi karena adanya tambahan volume rongga dari media yang terekspansi. Proses backwash dilakukan dengan mengalirkan air pencuci dari bawah media ke atas sampai sebagian media terekspansi sebesar 15 - 25 % dari ketebalan media awal. Waktu pencucian biasanya 3 - 10 menit. Sedangkan debit air pencuci pada umumnya antara 0,5 - 5 % dari air yang terfiltrasi. Kehilangan tekanan untuk tiap luas filter :

$$h.p.g = l_e (\rho_s - \rho) \cdot g (1 - f_e) \dots \dots \dots (2-7)$$

$h$  = kehilangan tekanan ;

$\rho$  = masa jenis air ;

$\rho_s$  = masa jenis butiran media ;

$g$  = gaya gravitasi.

$l_e$  = ketebalan media saat terjadi ekspansi

$f_e$  = ratio porositas media saat terjadi ekspansi .

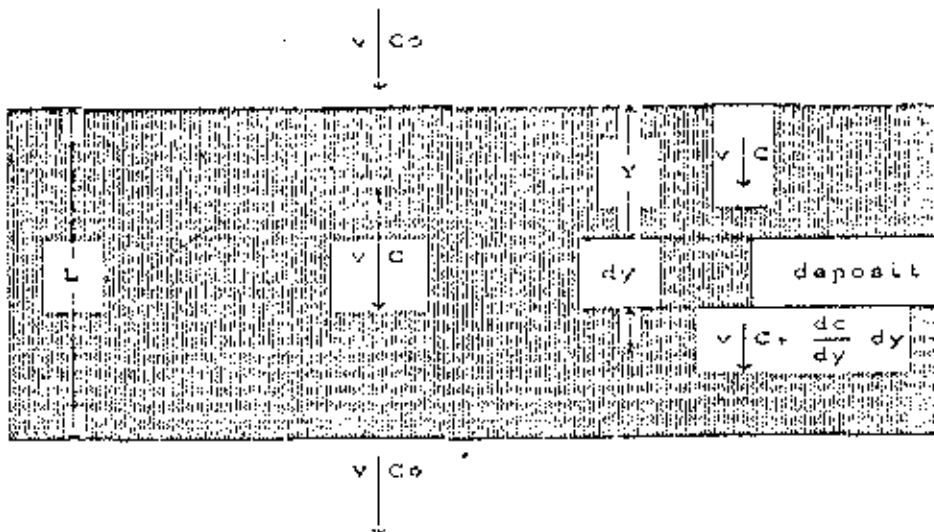
Sedangkan perbandingan antara kedalaman setelah terekspansi  $l_{ei}$ , dengan kedalaman tanpa ekspansi  $l_i$  dapat dinyatakan sebagai berikut:

$$\frac{l_{ei}}{l_i} = \frac{(1-f)}{(1-f_e)} \dots \dots \dots (2-8)$$

Jadi total ekspansi menjadi :

$$L_e = \sum h_i \frac{(1-f)}{(1-f_{ei})} \dots \dots \dots (2-9)$$

## 2.5 DINAMIKA FILTRASI



Gambar 2 - 2 Proses Terjadinya Dinamika Filtrasi

Dari gambar sebelumnya dapat dilihat bahwa sepanjang ketebalan media filter bed akan terjadi perubahan diameter media dari  $d_0$  sampai  $d$  dan perubahan porositas dari  $P_0$  sampai  $P$ . Karena adanya deposit material tersuspensi pada media selama proses filtrasi berlangsung, maka air yang mengalir melalui media (filter bed) dengan kecepatan  $V$  dan konsentrasi awal  $C_0$  pada kedalaman  $y$  konsentrasinya akan berubah. Besarnya perubahan konsentrasi ini dipengaruhi oleh koefisien filtrasi, ketebalan media dan konsentrasi awal larutan. Sedangkan koefisien filtrasi

tergantung dari diameter butiran media, kecepatan filtrasi, type suspensi, porositas media dan temperatur air.

Persamaan yang digunakan :

$$C_e = C_o \cdot e^{(-\lambda_o \cdot L)} \dots\dots\dots (2 - 10)$$

$C_e$  = konsentrasi effluen (gr/m) ;

$C_o$  = konsentrasi influen (gr/m) ;

$L$  = ketebalan media filter ( m ) ;

$\lambda$  = koefisien filtrasi ( m ).

## 2.6 KEGAGALAN DALAM PROSES FILTRASI

Dalam rapid filtrasi kegagalan yang mungkin terjadi adalah sebagai berikut: cracking dari bed, formasi dari mud balls, aksi pancaran didalam bidang yang membatasi gravel dan pasir, pasir yang bocor dan masuk dalam drain.

-mud balls, didalam filter mud balls(bola-bola lumpur) yang tertinggal dalam bed setelah pencucian merupakan sejumlah kegagalan yang sering terjadi. Besarnya mud balls pada bed adalah terbentuk dengan pecahnya lapisan permukaan pada permulaan ekspansi dan pengendapan dari pecahan-pecahan lumpur yang masuk kedalam bed. Pada banyak filter pasir, media pasir pada permukaan yang terlalu kecil akan terbawa keluar bersama-sama dengan suspensi, tetapi pecahan-pecahan pada permukaan lapisan

dapat mengendap kedalam filter tanpa terpisah dari pecahannya. Sedangkan mud balls pada permukaan filter biasanya berasal dari sediment yang mengendap pada permukaan bed setelah pencucian dikarenakan kecepatan pencucian dan waktu yang dibutuhkan untuk membawanya keluar.

-filter cracks, karena adanya tahanan pada aliran sepanjang dinding dari filter, maka akan dihasilkan tekanan yang berbeda pada media filter, butiran-butiran yang ada di media filter akan ditekan dari dinding filter; adanya aliran pendek dari air akan menyumbat atau mengisi dengan partikel tersuspensi; hal inilah yang antara lain dapat menyebabkan kerusakan pada filter.

-pancaran air, oleh karena adanya perbedaan porositas dan permeabilitas dari pasir dan kerikil akan menyebabkan pada saat pertama pencucian filter akan menghasilkan tahanan yang kecil dan mengalami breakthrough pada permukaan yang tersebar. Pada daerah aliran ini pasir yang tersumbat akan terfluidized, aliran akan naik dan air akan disemprotkan dari kerikil menuju pasir.

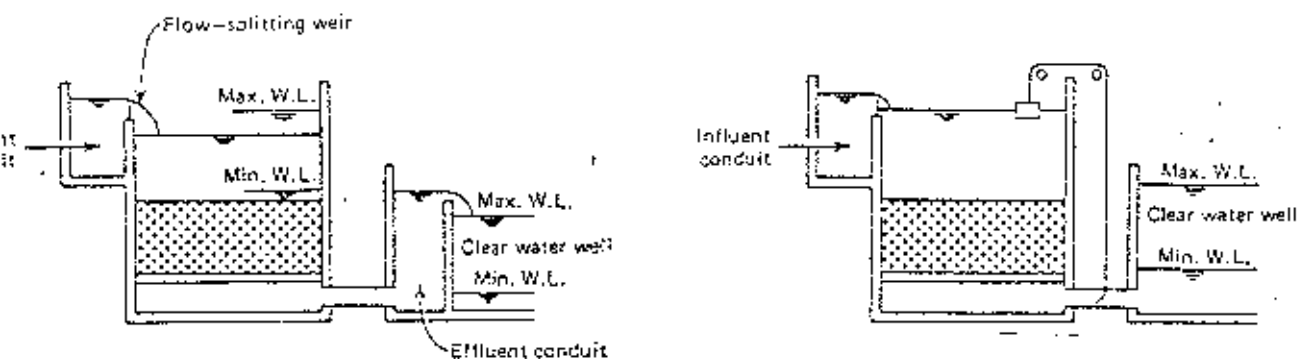
-sand leakage, tidak akan terjadi bila lapisan pasir dan kerikil ditempatkan sebagaimana mestinya, pasir tidak akan masuk kedalam sistem underdrain kecuali bila lapisan kerikil sangat kecil atau tipis yang akan terhambur bila saat pencucian. (12)

## 2.7 PENGONTROLAN ALIRAN PADA FILTER (19)

Ketika proses filtrasi sedang berlangsung, maka di sepanjang media filter akan terjadi peningkatan kehilangan tekanan yang terjadi akibat dari adanya penyumbatan dari media filter. Penyumbatan (clogging) ini terjadi karena adanya akumulasi dari deposit material atau zat yang tersaring pada media. Karena adanya penyumbatan dari media filter itu, maka peristiwa ini akan mengakibatkan menurunnya kecepatan dari filtrasi. Oleh karena itu dalam pengoperasian filter dikenal dua macam type yang berguna untuk mengontrol system filtrasi. Kedua system tersebut antara lain:

### -Constant Rate Filtrasi,

Pada sistem ini kecepatan filtrasi diusahakan agar selalu konstan. Pada gambar dibawah ini diperlihatkan secara umum unit filter yang menggunakan sistem constant rate.

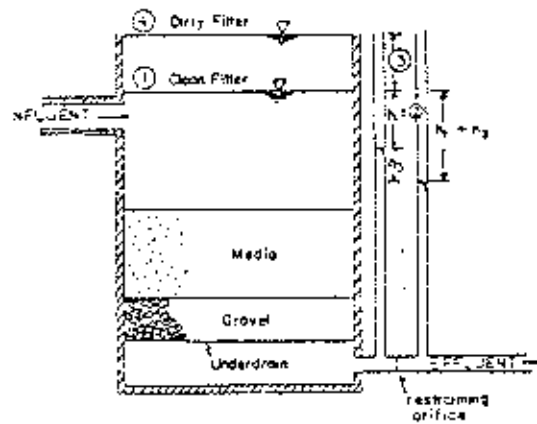


Gambar 2 -3 Filter Dengan Sistem Constant Rate



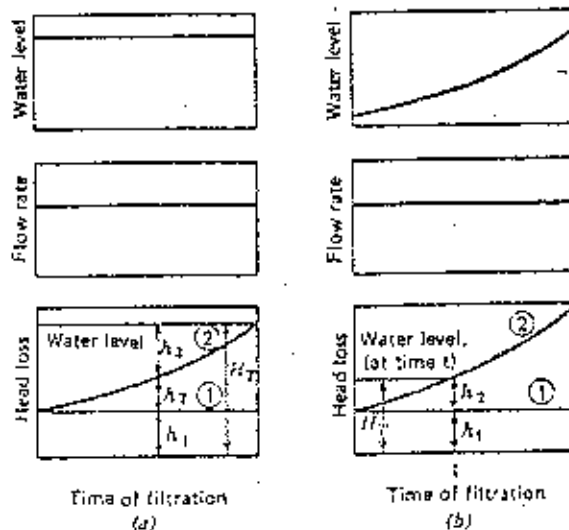
### -Declining Rate,

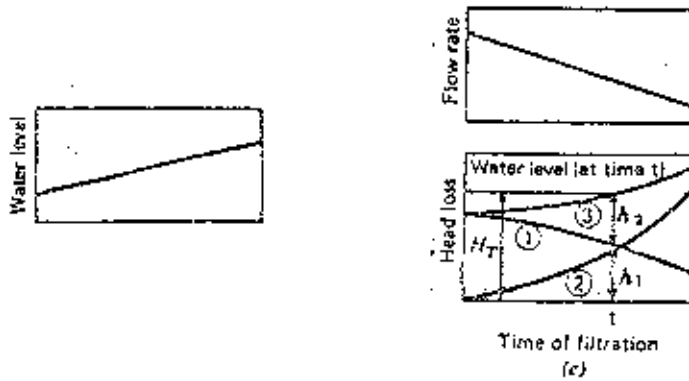
Sistem ini akan beroperasi dengan mengkompensasikan penurunan kecepatan filtrasi terhadap adanya kenaikan kehilangan tekanan yang terjadi akibat clogging media. Sistem declining rate ini dapat dilihat lebih jelasnya pada gambar berikut ini:



Gambar 2 - 4 Filter Dengan Sistem Declining Rate

Untuk sistem constant rate dan declining rate, perbedaan mengenai tekanan, flowrate, kehilangan tekanan, serta level muka air sebagai fungsi dari run time filtrasi dapat digambarkan sebagai berikut :





Gambar 2 - 5 Perbedaan Sistem Constant Rate & Declining Rate.

## 2.8 MEDIA FILTER

Pemilihan media merupakan langkah awal yang harus diperhatikan dalam merencanakan suatu filter. Media filter yang ideal dengan diameter butiran, spesifik gravity, dan ketebalan tertentu dapat memberikan kualitas hasil pengolahan yang lebih baik, waktu operasi yang relatif lebih lama, kecepatan filtrasi yang tinggi serta kehilangan tekanan yang cukup kecil.

### 2.8.1 KARAKTERISTIK MEDIA FILTER

Media penyaring dapat dibagi atas beberapa macam diantaranya adalah :

- ① jenis media ; yang mempunyai sifat fisik dan kimia
- ② ketebalan media
- ③ distribusi ukuran butiran

Mengetahui sifat fisik dan kimia dari bahan yang akan digunakan untuk media merupakan salah satu pertimbangan dalam memilih media penyaring. Hal ini penting sehubungan dengan faktor-faktor yang menentukan efisiensi penyaringan, serta efek antar butiran pada saat dilakukan pencucian. Dapat dikatakan bahwa dari media yang dipakai adalah kemampuannya untuk menahan pengotor sebanyak mungkin dan memiliki umur pakai yang relatif lebih lama.

## 2.8.2 DENSITAS MEDIA FILTER

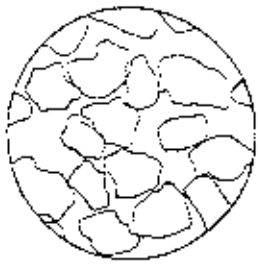
Salah satu faktor yang harus diketahui dalam penyusunan filter bed baik pada single media ataupun dual media adalah densitas media. Pada penyusunan media filter yang benar, densitas butiran yang berat dengan ukuran butiran yang kecil ditempatkan pada bagian bawah, sedangkan untuk densitas butiran yang ringan dengan ukuran lebih kecil ditempatkan pada bagian atas. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari terlalu cepatnya media menjadi tersumbat (clog).

## 2.8.3 BENTUK BUTIRAN (12)

Faktor yang sangat mempengaruhi besar kecilnya pori dan luas permukaan media yang terbentuk adalah bentuk butiran. Yang sangat mempengaruhi proses operasional dari suatu filter adalah adanya kontak antara luas permukaan media filter dengan air. Oleh karena itu, dalam merancang media filter yang akan digunakan,

bentuk butiran harus dipertimbangkan. Dalam beberapa literatur bentuk butiran dapat dikelompokkan sebagai berikut :

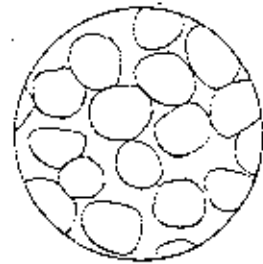
- angular (berbentuk sudut);
- crushed (berbentuk pecahan);
- rounded (hampir bulat );
- sharp ( berbentuk tajam );
- spherical ( berbentuk bulat );
- worn ( berbentuk tidak rata )



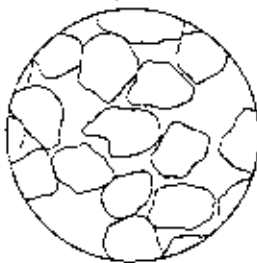
(gambar angular)



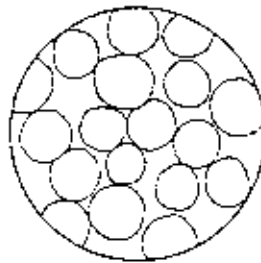
(gambar crushed)



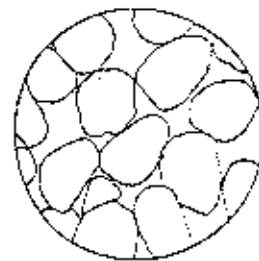
(gambar rounded)



(gambar sharp)



(gambar spherical)



(gambar worn)

Gambar 2 - 6 Gambar Bentuk Butiran

Dengan adanya perbedaan bentuk yang ada memungkinkan terjadinya perbedaan luas permukaan dari butiran, dalam hal ini pengukuran luas permukaan dari butiran media, tidak semudah seperti pengukuran besar volume rongga atau volume total butiran. Karena luas permukaan butiran media (A) relatif terhadap volume air dalam rongga merupakan suatu fungsi  $A/V$ , dimana hal ini akan menunjukkan identifikasi bentuk. Diantaranya yang digunakan sebagai pengukuran bentuk adalah sphericity ( $\phi$ ) serta faktor bentuk (S). Nilai sphericity didefinisikan sebagai rasio luas permukaan pada butiran yang berbentuk bulat dengan volume yang ekuivalen terhadap luas permukaan yang sesungguhnya dari butiran yang dianalisis. Untuk suatu butiran yang benar-benar bulat berdiameter  $d$  pada sphericity  $\phi$  yang sama dirumuskan sebagai berikut :

$$\frac{A}{V} = \frac{\pi \cdot d^2}{(1/6) \cdot \pi \cdot d^3} = \frac{6}{d} \dots\dots\dots (2-11)$$

Carman melakukan pengukuran untuk nilai sphericity( $\phi$ ) dan faktor bentuk (S) seperti yang ada dalam tabel berikut ini :

Description	Sphericity, $\phi$	Shape Factor, S	Typical Porosity, $f$
(a) Spherical	1.00	6.0	0.38
(b) Rounded	0.98	6.1	0.38
(c) Worn	0.94	6.4	0.39
(d) Sharp	0.81	7.4	0.40
(e) Angular	0.78	7.7	0.43
(f) Crushed	0.70	8.5	0.48

Gambar 2 - 7 Tabel Faktor Bentuk & Sphericity

Besarnya nilai sphericity ( $\phi$ ) dapat juga diturunkan dari observasi kecepatan pengendapan dari butiran-butiran yang representatif, saat temperatur pada larutan percobaan dan berat jenis dari partikel diketahui. Jika kecepatan pengendapan adalah  $V_s$ , dan diameter butiran  $d$  maka :

$$\phi = \frac{d_o}{d_s} = \frac{V_s}{V_o} \dots\dots\dots (2-12)$$

#### 2.8.4 POROSITAS MEDIA

Perbandingan dari volume rongga media dengan volume bed adalah porositas media. Kelayakan agar media dapat digunakan sebagai media filter adalah apabila butiran dapat dibentuk dan disusun menjadi media butir yang porous dengan porositas kurang lebih 0,40. Porositas media berbutir ini tidak boleh kurang dari 0,40 karena dapat mengakibatkan cepat terjadinya penyumbatan, sebaliknya bila nilainya lebih besar dari 0,40 maka akan menghasilkan kualitas effluen yang lebih buruk, meskipun run time operasinya bertambah.

#### 2.8.5 KETAHANAN FISIK DARI MEDIA

Dengan adanya perbedaan dalam komposisi penyusun butiran maka akan menyebabkan adanya perbedaan kekerasan butiran media. Susunan butiran yang

berdekatan membuat butiran media menjadi lebih keras, dan untuk susunan butiran yang lebih lepas membuat media lebih lunak.

Beberapa jenis butiran yang keras umumnya memiliki komposisi butiran quartz yang terikat oleh oksida besi terdehidrasi atau amorphous silica seperti pasir kuarsa. Sedangkan jenis butiran yang mudah pecah dan sangat berongga, disebabkan terlalu banyak besi yang ada (dekomposisi ferromagnesium silikat) sehingga terjadi ikatan yang kurang sempurna pada butiran.

Dalam penentuan ketahanan fisik dari media, analisis yang akan digunakan adalah dengan merendam butiran kedalam larutan Hcl 40% selama 24 jam, kemudian dikeringkan pada temperatur 105 C selama 24 jam. Dalam hal ini pengurangan beratnya tidak boleh kurang dari 2 % . Bilamana telah dilakukan uji ketahanan fisik terjadi pengurangan berat lebih dari 2 % , maka butiran tersebut tidak layak digunakan sebagai media filter.

#### 2.8.6 ANALISA GRADASI MEDIA FILTER

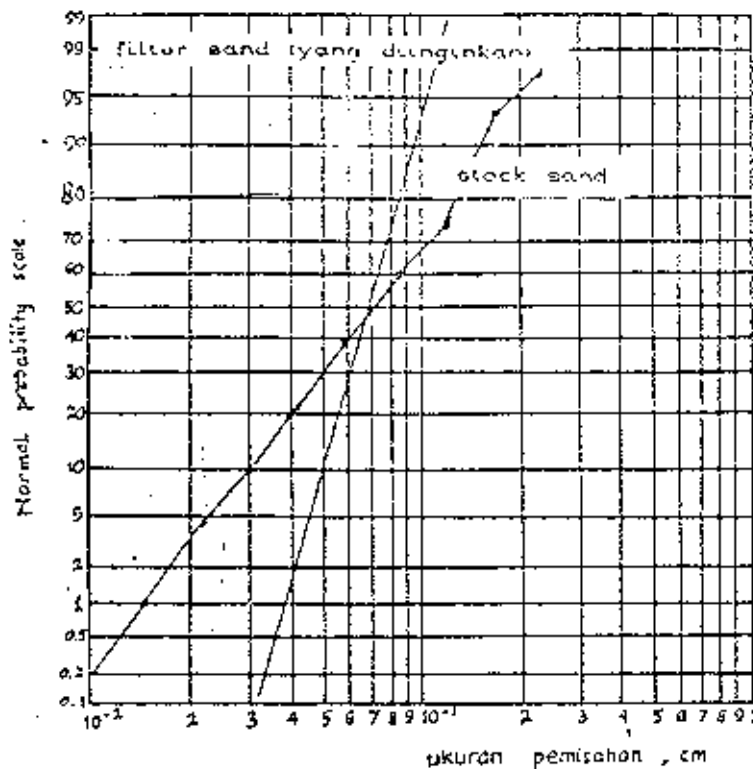
Analisa ayakan (sieve test analysis) berguna untuk mengetahui sebaran ukuran butir dari media tersedia, sehingga susunan diameter butiran terencana mendekati ukuran stock media berbutir yang tersedia. Kemudian melakukan pengeplotan dari hasil analisa ayakan pada kertas logaritmik antara berat kumulatif dengan ukuran pemisahan untuk mencari ukuran diameter butiran efektif. Dalam praktek banyak dikenal ukuran efektif (ES) serta koefisien keseragaman (UC).

Efektif size adalah ukuran butiran yang mempunyai berat kumulatif 10% dari seluruh berat, sedangkan Uniformity koefisien adalah perbandingan dari ukuran butir yang memiliki berat kumulatif 60% dari butir yang mempunyai berat kumulatif 10% .

$$UC = \frac{P_{60}}{P_{10}} \dots\dots\dots( 2 - 13 );$$

$$ES = P_{10} \dots\dots\dots( 2 - 14 ).$$

Dari media yang ada akan terdiri dari media yang too coarse ( kasar ) serta too fine (sangat halus) yang akan mengurangi efisiensi penyaringan. Untuk memperoleh hasil yang baik maka , media yang too coarse dan too fine harus dibuang. Gambar di bawah ini merupakan contoh grafik analisa ayakan.



Gambar 2 - 8 Grafik Ayakan



Rumusnya sebagai berikut :

$$\textcircled{C} P_{\text{too fine}} = P_{10} - (0,1 P_{\text{usable}}) \dots\dots\dots (2-15)$$

$$\textcircled{C} P_{\text{too coarse}} = P_{\text{usable}} + P_{\text{too fine}} \dots\dots\dots (2-16)$$

$$\textcircled{C} P_{\text{usable}} = 2 (P_{60} - P_{10}) \dots\dots\dots (2-17)$$

## 2.9 TEORI ORGANIK

Informasi yang sangat fundamental dalam bidang teknologi pengelolaan sanitary dan lingkungan adalah yang menyangkut dengan kandungan senyawa organis. Dalam hal ini yang berhubungan dengan masalah seberapa besar kandungan senyawa organik yang dapat direduksi baik itu di udara, padatan tanah maupun di perairan.

Masalah kandungan senyawa organik paling banyak ditemui pada badan air yang notabene merupakan tempat pembuangan sampah dan limbah industri dimana sebagai sumber bahan mentah yang mereka pergunakan sebagian besar merupakan senyawa-senyawa organik seperti formaldehid, phenol dan sebagainya. Bilamana kandungan bahan-bahan organik tersebut terlarut dalam badan air dalam jumlah dan konsentrasi yang relatif cukup tinggi, maka hal ini tentu akan membahayakan bagi ekosistem perairan itu sendiri maupun lingkungan sekitarnya.

Kandungan organik dalam suatu badan air sangat berkaitan dengan jumlah oksigen terlarut atau dissolved oksigen ( DO ). Nilai dissolved oksigen dalam badan air dapat memberikan indikasi bagaimana sebenarnya kualitas dan kondisi air baku tersebut. Telah dikenal beberapa istilah yang berkaitan dengan kandungan organik seperti misalnya Biological Oksygen Demand ( BOD ) atau Chemical Oksygen Demand ( COD ). Nilai BOD menunjukkan suatu angka dimana oksigen diperlukan dalam jumlah tertentu untuk mengoksidasi zat-zat organik yang berlangsung secara biologis dengan mengandalkan kemampuan dan aktivitas mikroorganisme. Sedangkan nilai COD merupakan jumlah oksigen yang diperlukan untuk mengoksidasi zat-zat organik dalam badan air yang berlangsung secara kimiawi.

Nilai-nilai parameter diatas semuanya dapat dipergunakan sebagai pendekatan untuk mengetahui kandungan zat organik dalam air. Semakin tinggi kualitas suatu badan air, maka otomatis nilai BOD serta COD akan semakin rendah. Sebaliknya bilamana kualitas suatu badan air relatif sangat buruk kondisinya, maka kedua nilai parameter diatas menjadisemakin tinggi. Di dalam teknologi pengolahan air bersih juga dikenal istilah lain yang dapat digunakan sebagai indikator jumlah kandungan zat organik dalam badan air yaitu nilai Permanganat atau Permanganat Value ( PV ). Kandungan zat organik dalam tiap-tiap badan air atau sumber air juga sangat bervariasi, tergantung dari kondisi lingkungan serta tingkat pencemaran yang ditimbulkan oleh sumber polutan.

Angka BOD dan COD juga dapat diprediksikan untuk mendeteksi kondisi badan air yang telah tercemar berat, sedang maupun relatif ringan. Melalui perbandingan / rasio angka BOD/COD kondisi kualitas air baku dapat diketahui. Semakin besar nilai rasio angka tersebut, maka secara teoritis semakin banyak zat organik yang dapat didegradasi atau diuraikan dengan proses biologis( biodegradable), sebaliknya bilamana nilai rasio relatif rendah, berarti kondisi perairan dapat dikatakan telah tercemar berat oleh senyawa organik yang tidak dapat diuraikan secara biologis dengan aktivitas mikroorganisme.

Semua senyawa organik tentu mengandung unsur karbon yang dikombinasikan dengan satu atau lebih unsur-unsur lainnya. Seperti halnya hidrokarbon, senyawa ini hanya berisi unsur hidrogen dan karbon saja. Akan tetapi sebagian besar senyawa organik dijumpai mengandung unsur karbon, hidrogen serta oksigen. Sedangkan unsur-unsur yang bersifat minoritas dalam suatu senyawa organik antara lain seperti nitrogen, fosforus serta sulfur. Senyawa-senyawa organik pada umumnya dihasilkan dari proses sintesa yang berisi halogen, logam dan elemen-elemen lainnya.

Senyawa organik pada umumnya memiliki sifat dan karakteristik yang berbeda dari senyawa inorganik diantaranya adalah :

- ① sebagian besar senyawa organik bersifat combustible atau mudah terbakar menyala;
- ② senyawa organik memiliki nilai titik didih lebih rendah ;
- ③ senyawa organik kurang bersifat solubel bilamana terdapat dalam perairan ;
- ④ sebagian besar senyawa organik dapat diformulasikan dalam bentuk isomerisme ;

- ⊙ reaksi dari senyawa organik biasanya berlangsung secara molekuler bukan ionic, sehingga laju reaksinya cenderung lebih lambat ;
- ⊙ berat molekul dari senyawa organik relatif tinggi, biasanya lebih dari 1000 ;
- ⊙ sebagian besar dari senyawa organik dapat digunakan sebagai sumber nutrisi bagi mikroorganisme .

Senyawa organik diproduksi dari tiga sumber diantaranya adalah :

1.Sumber alamiah ;

Seperti fiber, lemak hewani dan nabati, alkaloids, selulosa, gula dan sebagainya

2.Buatan / sintetis ;

Seperti pada bahan-bahan yang digunakan pada proses manufacturing ;

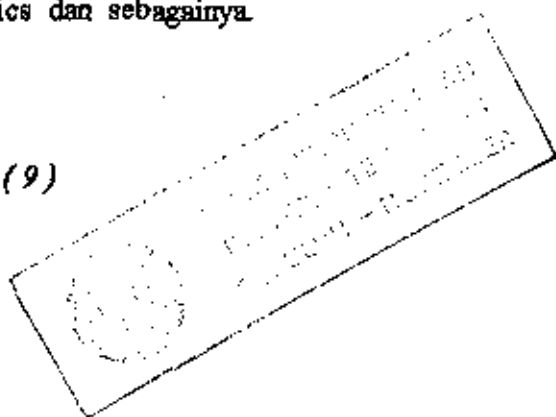
3.Fermentasi ;

Seperti alkohol, aceton, gliserol, acids, antibiotics dan sebagainya

## 2.10 PROSES BIOLOGIS DALAM AIR (9)

### 2.10.1 AIR DAN METABOLISME SEL

Sel autotroph adalah sel mensintesa sendiri komponen-komponen mineral dimana sel tersebut mampu untuk mentransformasikan air, karbondioksida dan garam-garam mineral ke dalam substansinya sehingga akan membentuk suatu



senyawa. Dan untuk memperoleh energi yang diperlukannya sel, tersebut akan mensintesa unsur-unsur yang ada di lingkungannya.

Sedangkan yang disebut dengan sel heterotropik adalah sel yang tidak mampu mensintesa faktor-faktor pertumbuhan, dan menggunakan substansi nutrisi dimana akan dioksidasikan menjadi bentuk substansi yang lebih sederhana. Atau dengan kata lain, energi yang dibebaskan berupa energi kinetik yang berlangsung selama terjadinya reaksi kimia dan digunakan untuk kebutuhan sel seperti pertumbuhan ataupun reproduksinya.

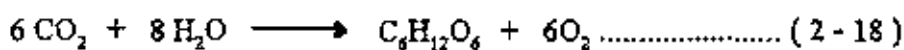
Dua bagian yang penting dalam metabolisme adalah katabolisme dan anabolisme.

## ● ANABOLISME,

peristiwa ini digunakan untuk memperoleh energi potensial (endoterm).

### a. FOTOSINTESA

Adalah suatu peristiwa dimana tumbuh-tumbuhan mensintesa dan memproduksi glukosa dari  $\text{CO}_2$  di atmosfer dengan bantuan sinar matahari, yang umum dikenal dengan persamaan :



### b. MINERAL REDOKS

Karena organisme selain bakteri autotrop tidak memiliki adanya pigmen, maka organisme tersebut tidak mampu untuk memanfaatkan energi sinar matahari. Oleh

karena itu untuk kehidupannya, mereka memperoleh energi dengan proses oksidasi dan reduksi atas substansi - substansi mineralnya. Contoh-contoh bakteri yang mempunyai sifat seperti diatas antara lain adalah :

- *Bakteri nitrosomonas* untuk mengoksidasi amonia menjadi nitrit ;
- *Bakteri nitrobacter* yang berguna untuk mengoksidasi nitrit menjadi nitrat ;
- *Bakteri besi dan mangan* untuk mengoksidasi Fe dan Mn bicarbonat menjadi Fe , Mn dan Hidroksit;
- *Bakteri Sulfur* mengoksidasi  $H_2S$  menjadi colloid Sulfur

## ● KATABOLISME

Katabolisme adalah peristiwa yang dipergunakan untuk memperoleh energi kinetik (eksoterm). Molekul air pada proses reaksi reduksi oksidasi dengan menggunakan energi kimia yang terdapat didalam substansi nutrisi digunakan untuk proses dekomposisi dari suatu substansi. Proses aerobik dan anaerobik adalah merupakan peristiwa mekanisme dehidrogenisasi oleh sel heterotropik, yang digunakan untuk mengkarakterisasi type dari dekomposisi .

Proses aerobik akan terjadi apabila hydrogen bergabung dengan molekular oksigen. Sedangkan proses anaerobik adalah peristiwa yang melibatkan transfer hydrogen dari senyawa dehidrogenasi menjadi hidrogen aksep. Substansi organik dekomposisi nya baik secara aerobik maupun secara anaerobik didukung oleh adanya suatu enzim yang dimiliki oleh organisme.

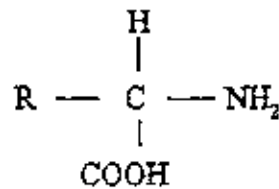
## 2.10.2 AIR SEBAGAI MEDIUM KEHIDUPAN BAGI MIKROBIAL

Secara umum bakteri dapat hidup didalam suatu media tertentu dimana memiliki karakteristik seperti kandungan garam , kandungan air, pH, temperatur dan potensial redoks..Berdasarkan temperatur dan enzim yang dimilikinya maka bakteri dapat diklasifikasikan menjadi :

- bakteri thermofilic (temperatur untuk hidupnya lebih dari 40 C);
- bakteri mesofilic (temperatur untuk hidupnya kurang lebih 30 C);
- bakteri psychrofilic (temperatur untuk hidupnya 0 - 15C);
- bakteri cryofilic (temperatur untuk hidupnya -5 - 0 ).

## 10.3 SUBSTANSI NUTRISI

Gula, lemak dan protein merupakan substansi nutrisi yang paling essential bagi suatu bakteri heterotropic.Salah satu komponen yang penting bagi kehidupan adalah protein, yang mana dibentuk atas dasar protoplasma dan sitoplasma. Asam amino merupakan salah sat dari bentuk substansi protein yang cukup sederhana . Didalam asam amino terdapat satu atau lebih kelompok COOH ataupun NH<sub>2</sub> yang akan membentuk rantai bersama beberapa atom karbon seperti yang terdapat pada gambar berikut ini :



Gambar 2 - 9 Asam Amino

Kondisi pH dan media dimana mereka hidup juga dapat mempengaruhi senyawa protein . Asam amino dapat membentuk mata rantai yang sangat panjang dengan berat molekul bisa mencapai lebih dari limapuluh ribu. Glukosa lebih dikenal dengan istilah gula atau sugar, yang diformulasikan dalam bentuk rumus umum sebagai  $\text{C}_n(\text{H}_2\text{O})_n$ . Glukosa pada umumnya berada dalam bentuk non hydrolyisable seperti oses. Atau glukosa dalam bentuk hydrolyisable seperti selulosa, glikogen dan lain-lain. Pada suatu kondisi organisme heterotropik kemungkinan dapat beradaptasi sehingga mereka dapat mensintesa organik-organik substratnya seperti alkohol, fenol dan sebagainya. Sedangkan organisme autotrop akan mensintesa substansinya sendiri dalam bentuk sumber karbon seperti karbon dioksida, metan dan sebagainya.(9)

## 2.11 PROSES BIOLOGI DALAM PENGOLAHAN AIR(9)

### 2.11.1 UMUM

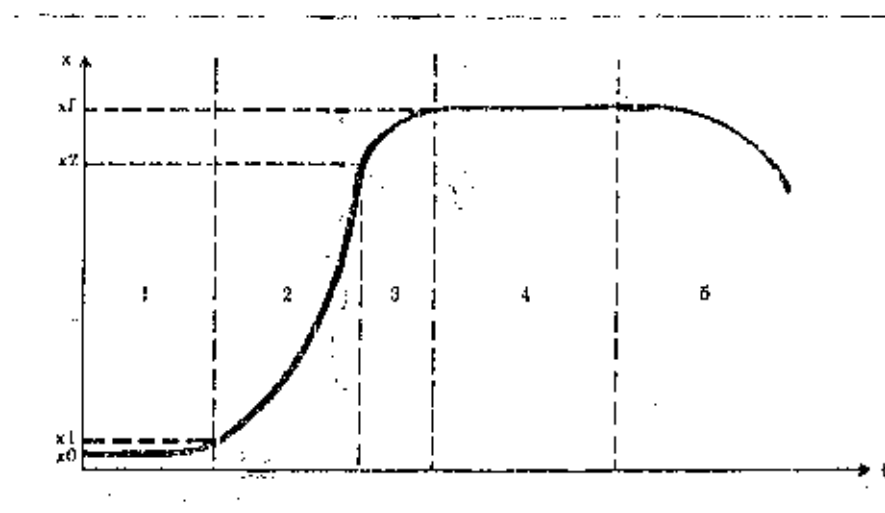


Salah satu metode dalam teknologi pengolahan air untuk mereduksi substansi - substansi organik ataupun anorganik adalah dengan menggunakan pengolahan air secara biologis. Teknik pengolahan air secara biologis pasti akan melibatkan beberapa type dari proses fermentasi, dimana pada proses ini substansi organik akan diuraikan oleh suatu enzim dari mikroorganisme yang biasanya akan membebaskan suatu bentuk gas.

### 2.11.2 PERTUMBUHAN MIKROORGANISME

Gambar dibawah ini menunjukkan pertumbuhan dari mikroorganisme :

Dari gambar dapat dilihat bahwa X merupakan konsentrasi dari kultur bakteri yang dapat dinyatakan sebagai massa per unit volume versus fungsi waktu yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan pH, temperatur dan sebagainya.



Gambar 2 - 10 Pertumbuhan Mikroorganisme

keterangan :

### 1. *Lag fase :*

Selama fase aklimatisasi, sintesa sel digunakan untuk proses metabolisme dari substrat. Pada fase ini tidak ada reproduksi seluler.

$$X = C = X_0$$

dimana  $X_0$  merupakan konsentrasi seluler pada saat waktu  $t=0$  & kecepatan pertumbuhan pada  $t=0$  adalah  $dx/dt=0$

### 2. *Eksponential fase :*

Pada fase ini saat sel dalam proses reproduksi dimana kecepatan reproduksi akan mencapai titik maksimum dan tetap akan relatif konstan pada konsentrasi substrat tertentu. Pada saat fase ini terjadi kenaikan kecepatan pertumbuhan  $dx/dt$  secara proporsional terhadap nilai  $X$ , sehingga diperoleh grafik eksponensial.

### 3. *Declining Growth Fase :*

Saat ini fase mengalami penurunan dari kultur mikroorganisme pada medium yang disebabkan oleh berkurangnya elemen-elemen yang diperlukan bagi pertumbuhan mikroorganisme. Dalam hal ini nilai  $X$  adalah tetap meningkat, sedangkan nilai  $dx/dt$  menurun.

#### 4. Stationary Fase :

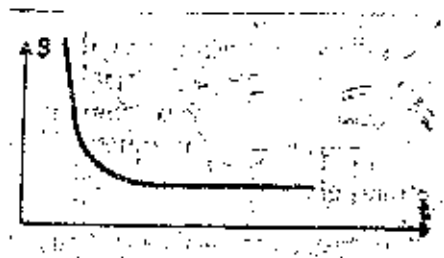
Pada fase ini menunjukkan bahwa nilai X telah mencapai harga yang maksimal.

Pertumbuhan sel akan mengalami apa yang disebut fase stationary.

#### 5. Endogenous Fase :

Pada fase ini konsentrasi dari sel akan mengalami penurunan yang dikarenakan oleh adanya kenaikan angka rate kematian dari mikroorganisme. Enzymatik autolysis dari sel akan mengakibatkan kematian. Beberapa fase dan persamaan diatas berlaku dan dapat diaplikasikan untuk medium dari system aerobik ataupun anaerobik. Nilai-nilai koefisien yang sangat berpengaruh terhadap kelangsungan proses diatas antara lain meliputi kehidupan dari mikroba substrat dan faktor lingkungan seperti pH, temperatur dan sebagainya.

#### 2.11.3 PROSES PENGURAIAN SUBSTRAT



Gambar 2 - 11 Kinetika Eliminasi Substrat Oleh Mikroorganisme

Dalam pertumbuhan biomassa juga diikuti oleh proses eliminasi dari substrat, dimana secara kinetika reaksi yang terjadi adalah mengikuti orde nol,  $ds/dt = c$ , yang berarti kecepatan dari reaksi tidak tergantung dari konsentrasi substrat. Dari gambar diatas menunjukkan kinetika eliminasi substrat oleh mikroorganisme. dimana S adalah konsentrasi substrat dan t adalah fungsi waktu. Pada saat pertama, reaksi yang terjadi adalah orde nol. Kurva dimana terjadi penurunan substrat diatas menunjukkan bahwa substrat fraksi yang dieleminasi oleh mikroorganisme sulit untuk diproses.

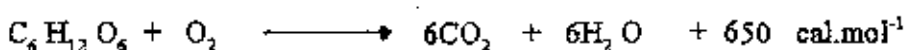
#### 2.11.4 PROSES PERTUMBUHAN AEROBIK DAN ANAEROBIK

Dalam teknologi pengolahan air dengan menggunakan proses biologis pada umumnya menggunakan dua sistem kontrol sebagai indikator removal zat pencemar dalam badan air ialah :

##### *-Proses Aerobik :*

Adalah suatu proses dimana oksigen akan dilibatkan secara langsung dalam proses reaksi. Proses ini diukur atas kadar oksigen yang cukup dalam air. Dalam proses ini organik karbon akan ditransformasikan ke dalam bentuk CO<sub>2</sub> dan biomassa.

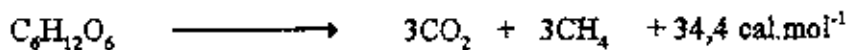
Degradasi glukosa dengan menggunakan proses Aerobik :



*-Anaerobik Proses :*

Adalah suatu proses dimana reaksi yang terjadi tanpa menggunakan supply udara. Dan kemudian setelah proses degradasi, organik karbon tetap berada dalam bentuk CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, dan biomassa. Akibat adanya kondisi potensial redoks yang rendah, nitrogen diukur dalam bentuk amonia, dan sulfur diukur dalam bentuk asam sulfida maupun bentuk senyawa-senyawa organik sulfur yang lain.

Degradasi glukosa dengan menggunakan proses anaerobik :

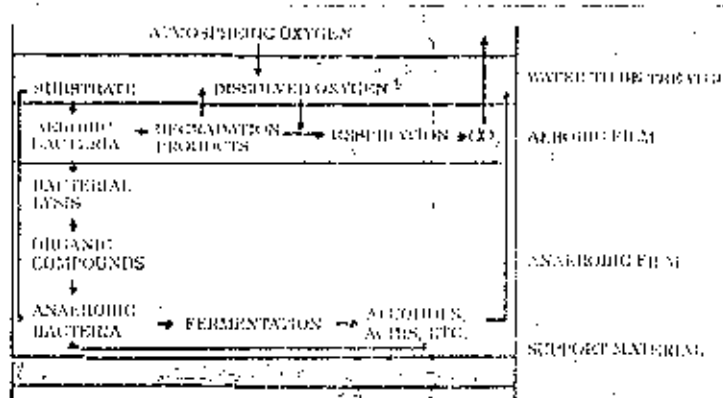


Beberapa perbedaan antara proses aerobik & anaerobik adalah sebagai berikut :

- pada sel aerobik kecepatan generasinya lebih cepat dibandingkan dengan sel anaerobik ;
- pada proses aerobik lumpur atau sludge yang dihasilkan lebih banyak dibandingkan dengan proses anaerobik ;
- pada proses aerobik kecepatan degradasi relatif lebih cepat dibandingkan dengan proses anaerobik .

## 2.12 ATTACHED GROWTH

### 2.12.1 BIOLOGICAL FILM



Gambar 2 - 12 Bagian Spesifik Dari Lapisan Biofilm

Metode biofilm dalam pengolahan air dapat diperlihatkan bahwa :

- pada metode dengan menggunakan biofilm mikroorganisme yang menempel lebih memiliki spesifik activity dibandingkan dengan metode suspended growth;
- pada metode ini kecepatan , dimana substrat yang digunakan akan relatif konstan bila lapisan biofilm yang relatif tebal untuk digunakan sebagai penetrasi oksigen.

Pada umumnya mikroorganisme dapat tumbuh dipermukaan suatu padatan atau media dimana senyawa organik, kadar garam serta kandungan oksigen memenuhi. Kolonisasi dari solid material akan mulai tumbuh pada area tertentu dan pada saat

yang sama lapisan biofilm secara terus menerus akan berkembang sampai menutup permukaan lapisan monoseluler. Oksigen dan nutrien yang dikandung oleh senyawa air akan diolah melalui proses difusi oleh lapisan biofilm sampai pada bagian terdalam dari akumulasi seluler. Proses ini berlangsung dalam waktu yang tidak terlampau lama. Setelah beberapa waktu lamanya akan mulai terbentuk stratifikasi dari lapisan aerobik dimana oksigen masih dapat terdifusi dan pada bagian atas dari lapisan anaerobik yang mana disini tidak terdapat oksigen

#### 2.12.2 GRANULAR BED

Adanya perubahan pada permukaan yaitu oleh substrat maupun oleh oksigen akan mengakibatkan aktivitas dari pertumbuhan bakteri menjadi terganggu. Sedangkan pada sistem Activated Sludge Proses, lapisan permukaan dibatasi oleh kondisi flocculated dari mikroorganisme. Flocculated state tidak akan dapat dihindari untuk proses pemisahan atas lumpur dan air terolah pada tangki pemisahan. Flok-flok dengan bentuk yang besar cenderung lebih lambat mekanisme difusi dari substrat dan oksigen menuju pada bagian mikroorganisme. Pada reaktor Trickling Filter, pengembangan dari material-material pendukung juga masih belum memuaskan. Kesempurnaan dari sistem distribusi air yang akan diolah menuju pada keseluruhan lapisan biofilm masih sangat sulit untuk diterapkan pada skala industri. Pada saat mikroorganisme menempel pada granular support dengan  $ES = 4$  sampai  $5 \text{ mm}$ , maka dengan sendirinya akan terjadi perubahan luas permukaan dari granular. Hal ini akan

dapat diterapkan pada pengoperasian untuk BOD loading yang tinggi. Sehingga dapat diketahui efisiensi purifikasi dari effluen untuk pengolahan air buangan misalnya dikawasan perkotaan.

Penggolongan reaktor media granular :

#### ● Reaktor Fixed Granular Bed

Adalah suatu reaktor dimana secara performance efisiensi biological purifikasinya serta suspended solid pada air terolah relatif cukup tinggi ;  
Reaktor ini dapat dioperasikan dengan sistem upflow maupun downflow, serta dapat pula dilengkapi dengan sistem oksigenasi dengan sistem countercurrent maupun cocurrent.

#### ●.Reaktor Moving Granular Bed

Adalah suatu reaktor dimana hanya efisiensi biological purifikasinya saja yang relatif tinggi, tetapi removal Suspended Solidnya bergantung pada kondisi situasi badan air yang diolah. Dan untuk reaktor ini dapat diterapkan dengan sistem fluidized ataupun turbulence.

### 2.12.3 FIXED GRANULAR BED

Degremont telah berhasil mengembangkan teknik pengolahan air secara biologis dengan prinsip biofiltrasi yang dapat diaplikasikan untuk proses biological



purifikasi (removal organik karbon dan nitrogen) serta Suspended Solid pada retensi waktu yang sama. Biofilter (Submerged Filter) adalah merupakan suatu istilah dari reaktor yang dikembangkan untuk keperluan di atas dimana didalamnya mengandung prinsip adanya sejumlah mikroba atau bakteri yang disupport dengan adanya coarse media dengan ketebalan tertentu.

Reaktor ini menggunakan biomassa dalam jumlah dan konsentrasi cukup tinggi, dibandingkan pada reaktor ASP dengan beberapa keuntungan antara lain :

- memberikan resiko yang cukup kecil dari efek leaching selama biomassa masih menempel pada media, semakin mudah untuk diatasi ;
- mudah dalam sistem pengoperasinya ;
- lebih cepat dalam start-up setelah proses pemberhentian ;

Sedangkan untuk proses oksigenasi dapat melalui transfer oksigen secara langsung ataupun melalui suatu aerator. Pada sistem aerasi dengan menggunakan aerator terdapat hubungan yang significant antara arah aliran air dengan udara. Sebagai pendekatan pertama sistem ini menggunakan model downflow dimana pada sistem ini arah aliran air berawal dari atas menuju dasar reaktor, sedangkan untuk injeksi udara dari dasar reaktor menuju keatas. Pengembangan sistem ini dikenal dengan istilah countercurrent system.

Pada proses ini aliran air yang secara perlahan mengalir akan diikat oleh bubble yang diinjeksikan oleh aerator. Proses ini berlangsung secara kontinyu dan simultan terjadi pada media. Yang perlu diperhatikan disini adalah timbulnya air binding (udara terperangkap) dimana hal ini akan berakibat pada semakin cepatnya

kenaikan headloss yang terjadi, dan akan mempengaruhi hydrolis dari aliran air dalam reaktor. Hal ini dapat diatasi dengan memberikan injeksi udara secara continyu dengan tidak melupakan efek turbulensi yang berakibat pada reduksi kapasitas retensi dari Suspended Solid.

Dalam reaktor Fixed Bed Granular dapat digunakan untuk :

1. Removal kandungan Organik atau BOD dengan konsentrasi dibawah 300ppm;
2. Removal kandungan Amonia-Nitrogen;
3. Removal kandungan Suspended Solid dengan konsentrasi dibawah 150 ppm;
4. Proses Denitrifikasi tanpa penambahan udara.

## 2.13 REMOVAL ORGANIK

Organik matter merupakan salah satu parameter polutan yang terdiri dari beberapa bentuk senyawa yang terdapat dalam badan air. Pada sistem pengolahan air tiap-tiap unit yang terdapat dalam sistem akan memberikan kontribusi penurunan zat-zat organik. Beberapa unit instalasi yang dapat digolongkan mampu untuk meremoval kandungan zat-zat organik secara spesifik antara lain adalah :

### 1. Aeration :

Salah satu teknologi yang dapat dikembangkan untuk meremoval zat-zat organik adalah aerasi dengan menggunakan sistem mekanis ataupun hydrolis. Teknik aerasi secara

mekanis dapat menggunakan sistem diffused aerator, surface aerator dan sejenisnya. Sedangkan teknik hidrolisis dapat menggunakan cascade ataupun hidrolis jump. Bilamana zat-zat organik juga mengandung senyawa volatile, maka teknik air stripping sangat tepat untuk diterapkan.

## 2.Koagulasi-Flokulasi :

Pada umumnya suatu senyawa pasti dapat diabsorb dan dipresipitasikan dengan membentuk semacam partikel flokulen atau flok. Termasuk didalamnya senyawa yang bersifat humic acid dan fulvic acid. Removal zat-zat organik akan mencapai kurang lebih 30 % bilamana dilengkapi dengan proses koagulasi flokulasi secara terpisah sedangkan sistem koagulasi secara komplet digabungkan dengan sistem pengendapan atau flotasi sehingga efisiensi bisa mencapai 70%.

## 3.Filtrasi :

Removal zat-zat organik cenderung relatif kecil bila proses penghilangannya dengan teknik filtrasi ditempatkan setelah proses pengendapan atau flotasi. Pada proses filtrasi akan terjadi removal residu flok dan zat-zat organik dengan proses adsorpsi pada permukaan flok yang terbentuk. Proses-proses lain yang diperlukan untuk removal zat-zat organik antara lain adalah ozonisasi, adsorpsi, klorinasi serta fixed bed granular reaktor.

## 2.14 GAS TRANSFER

### 2.14.1 UMUM

Transfer gas merupakan faktor penting dalam reaerasi air alam dan pemeliharaan oksigen terlarut yang cukup untuk mendukung keseimbangan ekologi yang diinginkan pada suatu perairan tertentu. Proses transfer gas dapat dioperasikan dalam sistem pengolahan air bersih dan air limbah. Transfer oksigen secara alamiah dapat mendukung proses-proses biologis secara normal dalam air yang relatif tidak terkontaminasi. Akan tetapi dengan adanya substrat-substrat organik dalam konsentrasi yang cukup tinggi, maka proses oksidasi biologis secara aerobik dapat terhambat kecepatannya.

### 2.14.2 DEFINISI GAS TRANSFER

Gas transfer merupakan fenomena fisik dimana molekul-molekul gas berpindah tempat dari fase gas menuju fase cair dan atau sebaliknya melalui suatu interface atau bidang pemisah gas cair. Proses perubahan ini menghasilkan dua type perubahan konsentrasi gas yaitu :

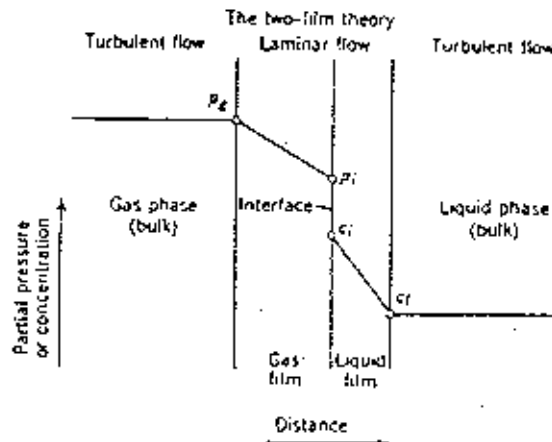
1. Dalam kondisi fase cair tak jenuh maka akan terjadi peningkatan konsentrasi gas pada tekanan dan temperatur tertentu. Dalam hal ini terjadi penyerapan gas.

2. Dalam kondisi fase cair melebihi kejenuhan (over saturated) maka akan terjadi penurunan konsentrasi. Dalam hal ini terjadi desorpsi atau stripping senyawa-senyawa yang mudah menguap.

### 2.14.3 PROSES TRANSFER OKSIGEN

Pada saat gas melarut dalam air prosesnya pada umumnya diperlakukan sebagai transfer massa atau perpindahan massa yang terjadi melalui empat fase yaitu :

1. Tahap 1 : menyangkut pelewatan dari gas melalui fase uap menuju interface atau batas gas liquid.
2. Tahap 2: gas tersebut harus melewati suatu film gas pada bagian uap dari interface gas liquid.
3. Tahap 3 : gas harus melalui film liquid pada bagian liquid dari interface.
4. Tahap 4 : akhirnya gas harus menyebar pada seluruh bulk dari liquid.



Gambar 2 - 13 Proses Perpindahan Oksigen

Apabila dalam larutan terjadi reaksi kimia, maka tahapan tersebut diatas menjadi 5 tahapan, dimana tahap 5 merupakan tahap reaksi kimia. Dalam peristiwa perpindahan massa dari gas ke liquida terdapat 3 kondisi umum yaitu :

1. Gas sangat larut dalam liquida seperti ammonia dalam air. Dalam kondisi seperti ini yang mengontrol perpindahan massa adalah tahanan dari fase gas. Oleh karena itu transfer gas dapat ditingkatkan dengan menurunkan ketebalan gas dengan jalan menjalankan / mengaduk untuk meningkatkan turbulensi dari fase gas.
2. Daya larut gas dalam liquida kecil seperti oksigen, nitrogen dan karbondioksida. Dalam kondisi ini tahanan yang mengontrol terletak pada fase liquida. Untuk meningkatkan transfer gas dengan jalan menaikkan turbulensi pada fase liquida.
3. Bagi gas dengan daya larut diantara kedua kondisi diatas, maka pengaruh kedua film tetap sama penting. Agar terjadi peningkatan transfer gas, maka turbulensi dari kedua fase harus dinaikkan.

#### 2.14.4 KELARUTAN GAS DALAM LIQUIDA

Udara adalah suatu campuran dari gas-gas yang terutama terdiri nitrogen dan oksigen dengan sedikit prosentase karbondioksida dan gas-gas lainnya. Dengan perkecualian terhadap karbondioksida, tidak satupun dari gas-gas tersebut bereaksi dengan air secara kimiawi. Mereka masing-masing dapat larut dalam air seperti pada

Hukum Henry : " sebuah pernyataan terhadap pengamatan larutan encer yaitu pada kondisi setimbang, konsentrasi suatu gas yang terlarut pada suatu cairan tepat sebanding dengan tekanan parsialnya dalam fase gas yang kontak dengan larutan" .

$$C_s = K_H P \quad \dots\dots\dots(2-19)$$

dimana :

$C_s$  : konsentrasi jenuh suatu gas dalam larutan( ml/l ) ;

$P$  : tekanan parsial ( fraksi volum ) ;

$K$  : milli per liter.

Pada suhu dan tekanan standard, satu mol setiap gas akan akan menempati volume 22,40 liter. Dengan mengetahui berat molekul gas yang diberikan maka akan mudah mengubah nilai  $P$  dan  $C_s$  dari ml/l ke mg/l atau mg/cm . Suatu peningkatan temperatur, padatan terlarut dan ketinggian atau unsur buangan akan mempengaruhi kejenuhan oksigen.

#### 2.14.5 KOEFISIEN TRANSFER OKSIGEN

Type dan tingkat turbulensi dari peralatan aerasi akan mempengaruhi nilai  $k_L$  (koefisien film cair) dan daerah bidang batas per satuan volume ( $A/V$ ), dimana keduanya adalah koefisien transfer oksigen. Koefisien transfer massa keseluruhan  $k_a$  termasuk juga efek-efek dari perubahan dalam koefisien film cair dan daerah bidang batas per satuan volume,  $A/V$ .

Koefisien film cair dalam proses aerasi seperti yang dinyatakan oleh Danckwezt adalah hasil akar pangkat dua dari koefisien difusi molekuler  $D$ , dan kecepatan pembaharuan permukaan :

$$k_L = (D \cdot r) \dots\dots\dots (2 - 20)$$

Kecepatan pembaharuan permukaan ( $r$ ) adalah frekwensi rata-rata dimana interfacial film digantikan dengan cairan dari seluruh larutan.

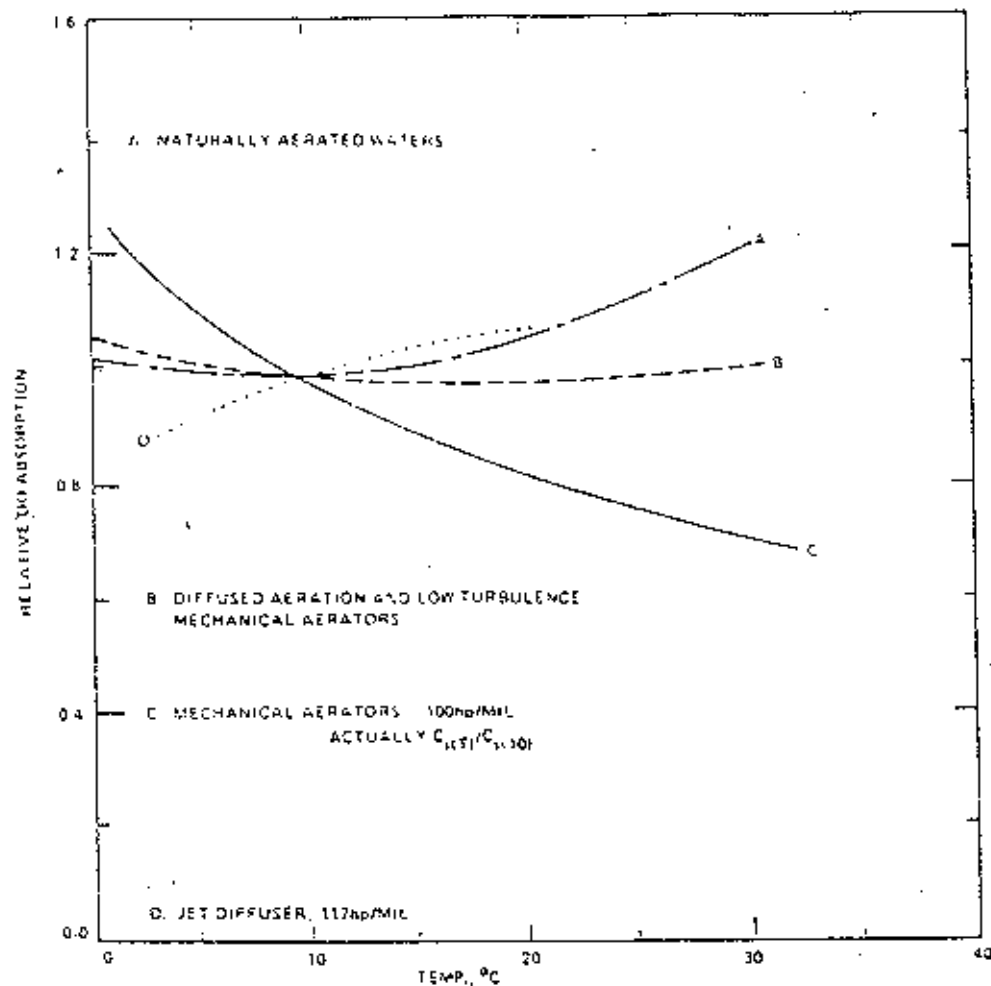
Dalam resin turbulen dimana berlaku dikebanyakan sistem biologi aerobik, kecepatan transfer oksigen adalah fungsi dari pembaharuan permukaan.  $K_L$  tergantung dari tekanan permukaan dan sifat-sifat molekuler yang berlaku pada bidang batas gas cair dari sifat fluida yang diberikan,  $A/V$  yang tergantung pada turbulensi dan pola susunan gelembung dalam sistem aerasi.



Satu diantara banyak faktor penting yang mempengaruhi nilai  $K_L a$  berdasarkan diffusitas dan viskositas adalah temperatur. Efek dari temperatur ini dapat dinyatakan dalam hubungan :

$$K_L a_{(T)} = K_L a_{(20^{\circ}C)} \cdot \theta^{(T-20)} \dots\dots\dots (2-21)$$

Nilai-nilai dari  $K_L a, C_s$  untuk aerasi aliran dengan berbagai type peralatan aerasi belakangan ini telah dihubungkan dengan suhu oleh Imhoff dan Albrecht, seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut ini :



Gambar 2 - 14 Pengaruh Temperatur Pada Dissolved Oksigen Absorption

Hubungan ini menunjukkan bahwa tingkat turbulensi dari suatu sistem akan mempengaruhi ketergantungan suhu dari nilai  $K_L$ ,  $a$ ,  $C_s$ . Untuk turbulensi rendah difusi molekuler sistem aerasi memiliki pengaruh yang kecil.

## BAB III METODOLOGI

### 3.1 UMUM

Metodologi dalam suatu penelitian mempunyai arti sangat penting, karena menyangkut segala sesuatu yang berhubungan dengan pelaksanaan penelitian tugas akhir ini. Dalam bab metodologi ini akan dibahas tentang :

- ◆ kerangka penelitian yang berisi uraian dasar-dasar pemikiran tentang penetapan obyek yang akan diteliti, dan pemilihan variabel yang akan diteliti;
- ◆ metoda penelitian, yang akan membahas proses penelitian dan metoda analisa parameter penelitian;
- ◆ tahapan pelaksanaan penelitian;

Metodologi didalam suatu penelitian mempunyai arti yang sangat penting, dimana fungsi dari metodologi ini adalah untuk :

- ◆ mempermudah pelaksanaan penelitian ;
- ◆ melatih dan membiasakan diri untuk berpikir secara sistematis ;
- ◆ memperkecil tingkat kesalahan dalam pelaksanaan penelitian;
- ◆ mengevaluasi segala sesuatu yang terjadi dalam pelaksanaan penelitian.

## 3.2 KERANGKA PENELITIAN

### 3.2.1 METODE PENELITIAN

Dalam penelitian ini proses yang terjadi didalam reaktor adalah proses filtrasi disertai dengan proses aerasi. Kemudian sampel buatan yang telah disiapkan, kita alirkan ke dalam reaktor tersebut dengan harapan agar diperoleh kualitas effluent yang lebih baik. Pada media didalam filter akan terjadi proses removal dengan biological aerobik.

### 3.3.2 METODA ANALISA

Metoda analisa yang dilakukan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

- ◆ analisa zat organik : menggunakan titrasi permanganat (seperti pada lampiran);
- ◆ analisa DO : menggunakan metode titrasi ;
- ◆ analisa pH : menggunakan pH meter.

### 3.2.3 VARIABEL OBYEK PENELITIAN

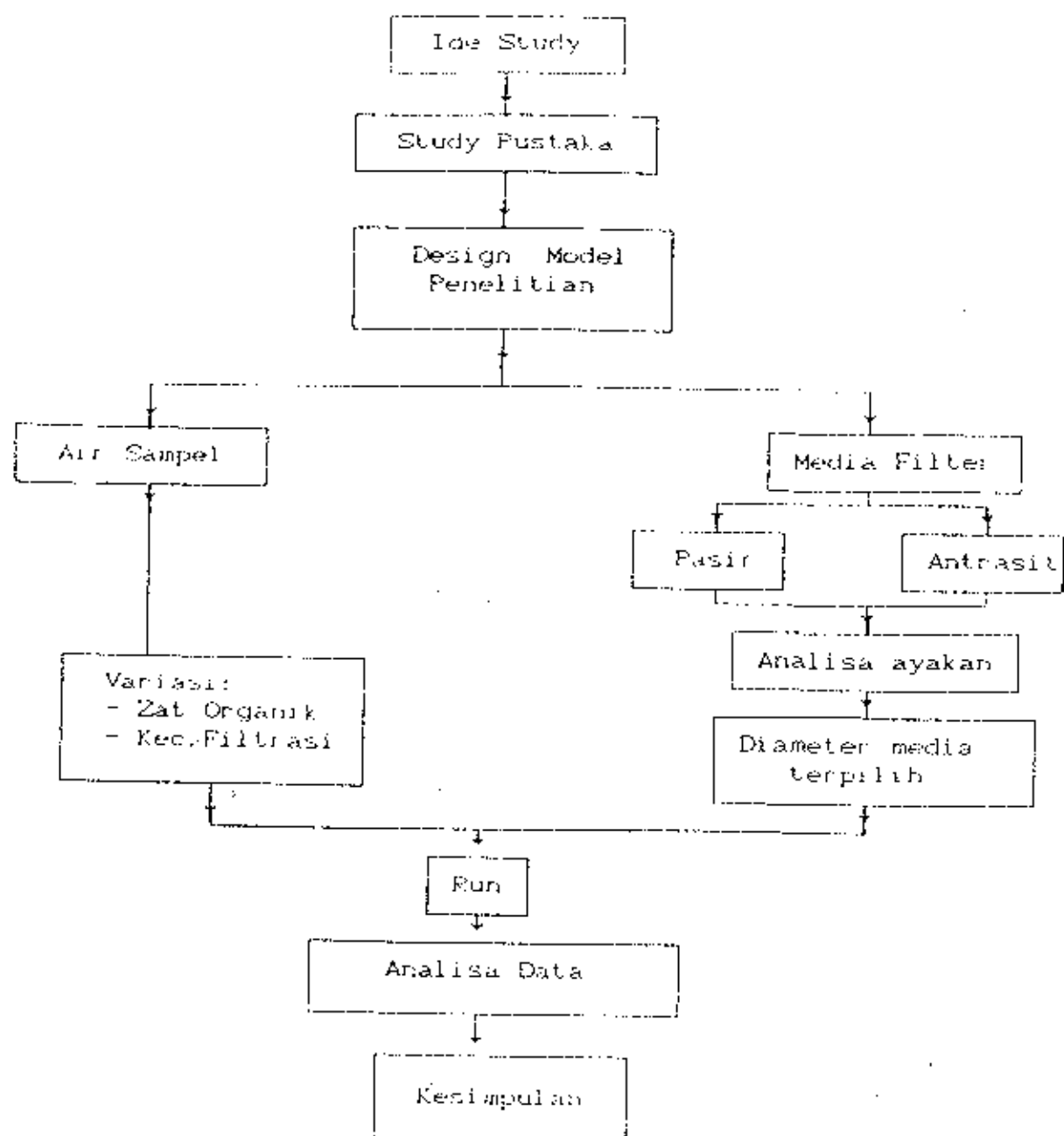
Seperti yang telah dijelaskan pada subbab 1.3 bahwa tujuan dari penelitian ini untuk mengamati penurunan kandungan organik dengan model submerged filter maka

perlu dilakukan pembatasan terhadap variabel penelitian. Adapun variabel penelitian dapat diuraikan sebagai berikut :

- ◆ konsentrasi kandungan organik 20 mg/lit, 40 mg/lit dan 60 mg/lit;
- ◆ kecepatan filtrasi yang digunakan 4 m/jam, 6 m/jam dan 8 m/jam;
- ◆ media yang digunakan single media dengan bahan dari pasir kwarsa & antrasit

#### 3.2.4 DIAGRAM ALIR KERANGKA PENELITIAN

Untuk lebih jelasnya , diagram alir dapat dilihat pada halaman berikut ini :



### 3.3 TAHAPAN PELAKSANAAN PENELITIAN

#### 3.3.1 MATERIAL

Bahan dan alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah terdiri dari konstruksi model submerged filter, bahan untuk media filter dan peralatan.

- ◆ Konstruksi model alat fixed granular bed ( untuk lebih jelasnya gambar terdapat di dalam lampiran ).

Bahan - bahan yang dipakai adalah :

- ① Akrilik dengan ukuran (15 x 15 x 225) sebagai bahan filter,
- ② Pipa PVC digunakan untuk inlet dan outlet dari filter ;
- ③ Valve dengan ukuran 1/2 " ;
- ④ Pipa pisometris , dari tabung kaca ;
- ⑤ Alat ukur rotameter dengan merk Lab Crest , Tube Catalog No: 448-324 dengan float diameter = 1/4" & float materialnya stainless steels. i

#### ◆ Media Filter

Media yang digunakan dalam penelitian ini menggunakan pasir kwarsa dan antrasit , dimana sistem dari media filter ini berupa single media. Alasan dipakainya pasir kwarsa dan antrasit sebagai media, karena bahan-bahan ini

merupakan media yang konvensional dipakai sebagai media filter pada pengolahan air minum di PDAM pada umumnya.

◆ Alat Laboratorium

① oven

merupakan alat yang dipakai untuk mengeringkan media yang telah dibersihkan;

② timbangan

untuk menimbang media pada waktu melakukan ayakan, untuk menimbang bahan- bahan kimia

③ alat ayakan pasir

dipakai untuk melakukan sieve analisa test yaitu analisa yang digunakan untuk ayakan bagi media filter, sehingga dapat diperoleh ukuran butiran media yang diinginkan;

④ buret titrasi

digunakan untuk titrasi dalam analisa permanganat dan test dissolved oksigen

⑤ pemanas

digunakan untuk pemanasan sampel pada test permanganat;

⑥ erlenmeyer

digunakan untuk tempat analisa sampel;

⑦ botol winkler

digunakan untuk tempat analisa sampel dalam test DO.



◆ Peralatan - peralatan yang dipakai adalah :

- ⊗ tandon air berkapasitas 1000 liter ;
- ⊗ gentong air dengan volume 100 liter ;
- ⊗ pompa yang digunakan untuk memompa air ke reservoir;
- ⊗ kompresor digunakan untuk mengalirkan udara secara otomatis.

### 3.3.2 PEMBUATAN ALAT

Cara kerja pembuatan alat tersebut adalah sebagai berikut :

- ◆ menyiapkan bahan akrilik dengan ukuran panjang = 15 cm, lebar = 15cm serta tinggi 225 cm sebagai tabung dari alat filtrasi;
- ◆ melubangi tabung filter pada setiap kedalaman 10 cm untuk pengukuran head dan untuk sampling point dibuat dengan jarak 30 cm ;
- ◆ memasang selang yang berukuran sesuai dengan lubang untuk head dan dihubungkan ke pipa pisometris;
- ◆ memasang difuser didalam tabung filter yang kemudian dihubungkan dengan selang ke rotameter ;
- ◆ menghubungkan rotameter ke kompresor dengan selang.

### 3.3.3 Penyiapan Media Filter

◆ pencucian media

media yang tersedia baik itu antrasit maupun pasir kwarsa dicuci dengan air kran (PAM). Kemudian dikeringkan di oven pada suhu 105° Celsius selama

24 jam ( 1hari). Tujuan dari pencucian ini adalah untuk membersihkan kotoran - kotoran yang menempel pada butiran - butiran media.

◆ pemeriksaan fisik dari media

analisa kehilangan atau pengurangan media akibat pengaruh asam dilakukan untuk mengetahui ketahanan media yang akan digunakan pada filter terhadap adanya asam. Pada analisa ini masing-masing media yang akan digunakan dikontakkan atau direndam dalam larutan Hidrocloric Acid Solution (HCl) 20 % selama 24 jam. Media yang baik dan dapat digunakan sebagai media filter apabila berkurangnya berat akibat asam tidak kurang dari 2 %.

◆ pengukuran densitas media

◆ distribusi media

untuk memenuhi kebutuhan media filter yang diinginkan diperlukan analisa media berbutir dengan menggunakan analisa ayakan

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada lampiran.

### 3.3.4 PENYIAPAN SAMPEL AIR BUATAN

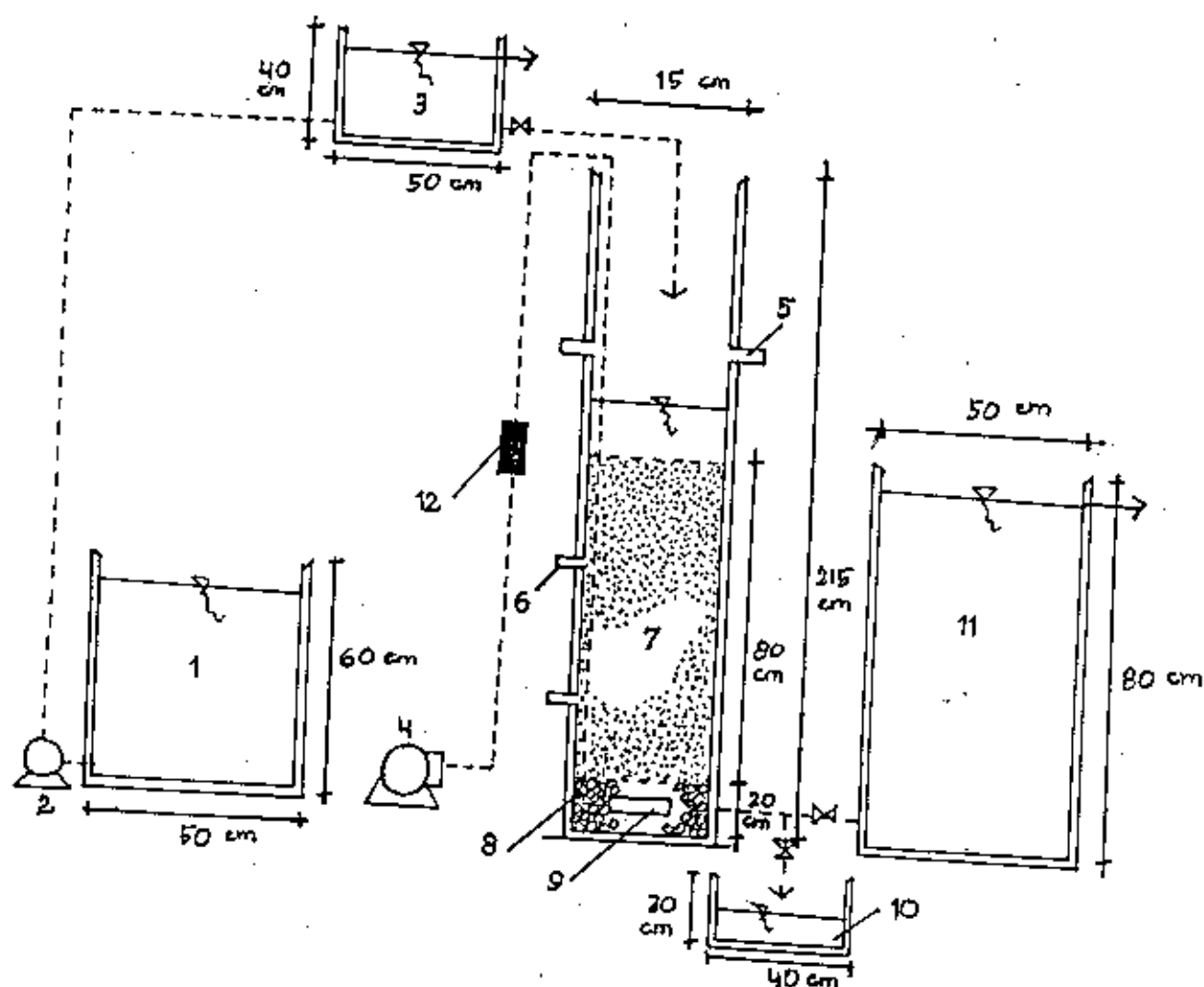
Cara pembuatan sampel air buatan adalah dengan mencampurkan glukosa sebagai sumber organik karbon pada air kran dengan konsentrasi yang telah ditentukan. Dipilihnya glukosa sebagai sumber organik dikarenakan zat tersebut cukup representatif digunakan sebagai bahan organik.

### 3.3.5 SISTEM PENGOPERASIAN

Prosedur sistem pengoperasian penelitian adalah sebagai berikut :

- ◆ memasukkan media kerikil dengan ketinggian 20 cm yang digunakan sebagai media penyangga kedalam tabung filter;
- ◆ memasukkan dan menyusun media filter jenis pertama setinggi 80 cm ke dalam tabung filter;
- ◆ mengatur kecepatan filtrasi berturut - turut sebesar 4 m/jam, 6 m/jam dan 8 m/jam;
- ◆ melakukan running dengan konsentrasi yaitu 20 mg/lt, untuk setiap rate filtrasi yang berbeda - beda;
- ◆ mengatur valve dan kecepatan filtrasi agar muka air dalam keadaan konstan;
- ◆ membaca dan mencatat tekanan pada pipa pisometris untuk setiap interval waktu 2 jam;
- ◆ mengambil sampling point sebanyak tiga titik dengan interval waktu setiap 2 jam;
- ◆ mengamati nilai permanganat, besarnya DO, pH dalam interval waktu yang telah ditentukan untuk setiap titik sampling;
- ◆ melakukan backwashing apabila filter sudah mengalami clooging;
- ◆ mengulangi prosedur diatas untuk konsentrasi yang berbeda yaitu 40 mg/l dan 60 mg/lt;
- ◆ mengulang prosedur diatas untuk jenis media filter yang kedua.

Gambar Model Penelitian



Keterangan :

- |              |                   |                 |
|--------------|-------------------|-----------------|
| 1. Air baku  | 5. Overflow       | 9. Diffuser     |
| 2. Pompa     | 6. Sampling point | 10. Drain       |
| 3. Reservoir | 7. Media          | 11. Air terolah |
| 4. Kompresor | 8. Kerikil        | 12. Rotameter   |

## BAB IV DATA HASIL PENELITIAN

### 4.1 UMUM

Data dari hasil penelitian mencakup data hasil penelitian pendahuluan dan data penelitian dengan menggunakan reaktor Fixed Granular Bed. Data hasil penelitian pendahuluan meliputi analisa ayakan media, dan pemeriksaan karakteristik fisik yang akan digunakan sebagai media dalam hal ini antrasit dan pasir kwarsa. Sedangkan data hasil penelitian pada reaktor Fixed Granular Bed terdiri dari hasil analisa konsentrasi organik pada effluent, pembacaan head pada pipa piezometries, pH dan DO.

Analisa ayakan dilakukan untuk memperoleh data yang selanjutnya dapat diplotkan untuk membuat grafik distribusi ukuran butiran media. Pemeriksaan pada karakteristik fisik meliputi pengukuran densitas, ketahanan fisik media dan juga porositas dari media.

### 4.2 RINGKASAN TABEL HASIL PENGAMATAN

#### 4.2.1 ANALISA AYAKAN MEDIA

1. Hasil analisa ayakan dari media antrasit : pada tabel L- 1 ( lamp 1);

2. Hasil analisa ayakan dari media pasir kwarsa : pada tabel L - 2 ( lamp 1);

#### 4.2.2 REDUKSI ORGANIK

1. Hasil pengamatan reduksi organik untuk media antrasit dapat dilihat pada tabel L.1 sampai dengan tabel L.3 (lamp. 8) ;
2. Hasil pengamatan reduksi organik untuk media pasir kwarsa dapat dilihat pada tabel L.4 sampai dengan tabel L.6 (lamp. 8) ;
3. Contoh hasil pengamatan reduksi organik pada tiga titik sampling point untuk satu konsentrasi & kecepatan yang sama, dapat dilihat pada tabel L - 13 (lamp. 8).

#### 4.2.3 DISTRIBUSI TEKANAN

1. Hasil pengamatan tekanan untuk media antrasit dapat dilihat pada tabel L.7 sampai dengan L.9 (lamp. 8);
2. Hasil pengamatan tekanan untuk media pasir kwarsa dapat dilihat pada tabel L.10 sampai dengan L.12 (lamp. 8).

## 4.3 RINGKASAN GRAFIK HASIL PENGAMATAN

### 4.3.1 ANALISA AYAKAN

1. Grafik hasil analisa ayakan untuk stock media antrasit yang tersedia : pada grafik L- 1 (lamp.1 );
2. Grafik analisa ayakan untuk media antrasit yang diinginkan : pada grafik L - 2 (lamp. 1) ;
3. Grafik hasil analisa ayakan untuk stock media pasir kwarsa yang tersedia : pada grafik L - 3 ( lamp. 1);
4. Grafik analisa ayakan untuk media pasir kwarsa yang diinginkan : pada grafik L-4 (lamp. 1).

### 4.3.2 HUBUNGAN REDUKSI ORGANIK DENGAN WAKTU FILTRASI

1. Hubungan antara reduksi organik dengan waktu filtrasi, untuk media antrasit dapat dilihat pada grafik L.1 sampai dengan L.6 (lamp. 9) ;
2. Hubungan antara reduksi organik dengan waktu filtrasi, untuk media pasir kwarsa dapat dilihat pada grafik L.7 sampai dengan L.12 (lamp. 9) .

3. Contoh hubungan antara reduksi organik dengan waktu filtrasi untuk tiga titik sampling point pada satu konsentrasi & satu media : pada grafik L - 43 (lamp. 9).

#### 4.3.3 HUBUNGAN EFFISIENSI REDUKSI, TOTAL HEADLOSS TERHADAP WAKTU FILTRASI

1. Hubungan efisiensi reduksi organik, headloss dengan waktu filtrasi untuk media antrasit dapat dilihat pada grafik L.13 sampai dengan L.21(lamp.9);
2. Hubungan efisiensi reduksi organik, headloss dengan waktu filtrasi untuk media pasir kwarsa dapat dilihat pada grafik L.22 sampai dengan L.30 (lamp.9);

#### 4.3.4 GRAFIK DISTRIBUSI TEKANAN

1. Distribusi Tekanan untuk media antrasit dapat dilihat pada grafik L.31 sampai dengan L.33 (lamp.9);
2. Distribusi Tekanan untuk media pasir kwarsa dapat dilihat pada grafik L.34 sampai dengan L36 (lamp.9).



#### 4.3.5 HUBUNGAN ORGANIK-LOADING DENGAN EFFISIENSI PROSES

1. Hubungan organik loading dengan efisiensi, untuk media antrasit dapat dilihat pada grafik L.37 sampai dengan L.39 (lamp.9);
2. Hubungan organik loading dengan efisiensi, untuk media pasir kwarsa dapat dilihat pada grafik L.42 (lamp.9).

### 4.4 RINGKASAN HASIL PERHITUNGAN

#### 4.4.1 PENELITIAN PENDAHULUAN

1. Hasil analisa penentuan butiran media yang akan digunakan dalam penelitian adalah :

- ♦ untuk media antrasit diameter yang akan digunakan 0,055 cm sampai 0,19 cm (pada lamp. 1);
- ♦ untuk media pasir kwarsa diameter yang akan digunakan 0,055 cm sampai 0,19 cm (pada lamp.1)

2. Pada analisa pengukuran karakteristik fisik media didapatkan :

- ♦ untuk jenis media antrasit :
  - ketahanan media = 0,62 % ( pada lamp. 2);
  - densitas media = 1,25 ( pada lamp. 2);
  - spesifik gravity = 1,255 ( pada lamp. 2);

- porositas = 0,46 ( pada lamp. 2).
- untuk jenis media pasir kwarsa :
  - ketahanan media = 1,64 % ( pada lamp. 2);
  - densitas media = 2,63 ( pada lamp.2);
  - spesifik gravity = 2,64 ( pada lamp.2);
  - porositas = 0,38 (pada lamp.2).

#### 4.4.2 EFFISIENSI REDUKSI ORGANIK

##### 1.Untuk media Antrasit :

V ( m/jam )	Efisiensi (%)		
	C = 20 mg/l	C = 40 mg/l	C = 60 mg/l
4	97,4 %	95,9 %	94,6 %
6	96,2 %	94 %	92,5 %
8	95 %	93,2 %	83 %

##### 2.Untuk media pasir kwarsa

V ( m/jam )	Efisiensi (%)		
	C = 20 mg/l	C = 40 mg/l	C = 60 mg/l
4	92 %	91,5 %	85,8 %
6	87,5 %	84,5 %	82,5 %
8	85 %	83 %	80 %

## 4.4.3 HUBUNGAN EFFISIENSI DENGAN ORGANIK LOADING

NO	Organik Loading (kg/hari)	Antrasit (%)	Pemer. Warna (%)
1	43,2	97,4	92
2	64,8	96,2	87,5
3	86,4*	95	85
4	86,4**	95,9	87
5	129,6*	94	84,5
6	172,8	93,2	83
7	129,6**	94,6	85,8
8	194,4	92,5	82,5
9	259,2	83	80

keterangan :

86,4\* = untuk konsentrasi organik 20 mg/l & kecepatan filtrasi = 8 m/jam

86,4\*\* = untuk konsentrasi organik 40 mg/l & kecepatan filtrasi = 4 m/jam

129,6\* = untuk konsentrasi organik 40 mg/l & kecepatan filtrasi = 6 m/jam

129,6\*\* = untuk konsentrasi organik 60 mg/l & kecepatan filtrasi = 4 m/jam

#### 4.4.4 HUBUNGAN KEBUTUHAN UDARA DENGAN ORGANIK LOADING

##### 1. Untuk Media Antrasit

V (m <sup>3</sup> /jam)	Kebutuhan Udara (mg O <sub>2</sub> /menit)	C = 20 mg/l	C = 40 mg/l	C = 60 mg/l
4	25,96	27,40	27,52	28,44
6	26,71	28,10	28,30	28,33
8	27,46	29,30	28,33	

##### 2. Untuk Media Pasir Kwarsa

V (m <sup>3</sup> /jam)	Kebutuhan Udara (mg O <sub>2</sub> /menit)	C = 20 mg/l	C = 40 mg/l	C = 60 mg/l
4	27,50	27,40	27,39	28,24
6	27,52	27,80	28,27	
8	28,41	28,40		

#### 4.5 RUMUSAN HASIL PENELITIAN

1. Dari hasil pengamatan pada ketiga titik sampling point dapat diketahui bahwa titik ketiga kualitasnya selalu lebih baik dibandingkan dengan dua titik sebelumnya. Oleh karena itu dalam penyajian data yang akan dianalisa digunakan untuk titik yang ketiga. Hal ini dapat dilihat pada tabel L.13 s/d L.43 ;
2. Dalam reaktor Fixed Granular Bed ini, penurunan organik yang baik terjadi pada media dengan jenis antrasit yang mempunyai efisiensi 83 % s/d 97,4 % sedangkan untuk media pasir kwarsa efisiensi 80 % s/d 92 %. Hal ini dapat dilihat pada tabel di sub bab 4.4.2 ;
3. Untuk kecepatan 4 m/jam didapatkan efisiensi penurunan organik lebih tinggi yaitu 95 % s/d 97,4 % dibandingkan dengan kecepatan 8 m/jam yang memiliki efisiensi 83 % s/d 94,6 % dapat dilihat pada tabel di sub bab 4.4.2 ;
4. Pada proses penurunan organik dengan menggunakan reaktor ini didapatkan bahwa semakin bertambahnya loading maka efisiensi dari alat yang ada semakin menurun, yaitu untuk organik loading rendah 43,2 kg/hari maka efisiensi 97,4 % sedangkan untuk organik loading tinggi 259,2 maka efisiensinya 83 % seperti yang tercantum pada tabel sub bab 4.4.3 ;
5. Kondisi Oksigen terlarut & pH selama proses operasi berlangsung, terjadi penurunan meskipun tidak drastis. Nilai DO 7,8 sampai dengan 5,00 dan untuk

nilai pH sekitar 7,75 sampai dengan 7,38 , hal ini dapat dilihat pada tabel L.1 s/d L.6 pada Lamp.8 ; .

6. Waktu operasi filter kurang lebih berlangsung selama 30-34 jam, seperti yang tercantum dalam tabel L.1 s/d L.6 dalam Lamp. 8 ;
7. Sedangkan total headloss selama proses reaktor berlangsung sebesar 69 sampai dengan 72 cm. Hal ini dapat dilihat pada grafik L.13 s/d L.30 dalam Lamp. 9.

## BAB V

# ANALISA HASIL PENELITIAN

### 5.1 KAJIAN SEGI HIDROLIS

Pada penelitian ini proses yang berlangsung adalah secara biological aerobik dengan menggunakan model sistem attached growth. Salah satu faktor yang sangat berpengaruh dalam keberhasilan proses ini adalah karakteristik media penyusunnya. Dalam hal ini jenis media berbutir yang digunakan pada model Fixed Granular Bed adalah media jenis antrasit dan pasir kwarsa dengan nilai Efektif Size (ES) dan Uniformity Coefisien (UC) yang sama. Masing-masing jenis media berbutir sebelum digunakan sebagai media filter, terlebih dahulu harus dilakukan pengujian kelayakan yang meliputi : densitas, ketahanan fisik, analisis gradasi serta porositas media. Secara umum dari hasil pengujian yang telah dilakukan, ternyata kedua jenis media memiliki kualitas yang dapat dipakai sebagai media tempat berlangsungnya proses oksidasi biologis ( hasil pengujian untuk kedua media dapat dilihat pada lamp. 2 ).

Untuk media jenis antrasit, dari hasil pengujian ternyata untuk nilai ES dan UC yang sama dengan pasir kwarsa terlihat bahwa nilai porositasnya relatif lebih tinggi. Dengan kondisi yang demikian maka dimungkinkan terjadinya penyumbatan pada pori akibat dari deposit aktivitas mikroorganisme dalam melakukan dekomposisi atas material organik semaksimal mungkin dapat dicegah. Sehingga dengan kecilnya

kemungkinan tersumbatnya pori media, kenaikan headloss juga tidak akan terlalu tinggi ( hubungan antara nilai total headloss dengan efisiensi proses untuk kedua jenis media dapat dilihat pada lamp. 9 grafik L - 13 s/d L - 30 ). Selain itu dengan nilai porositas yang relatif lebih tinggi, maka dimungkinkan penyebaran proses oksidasi biologis berlangsung secara lebih merata ke setiap lapisan media, sehingga massa mikroorganisme yang melakukan aktivitasnya pada permukaan media akan semakin bertambah. Dengan demikian diharapkan bahwa efektifitas pembentukan lapisan biological film pada media juga semakin meningkat.

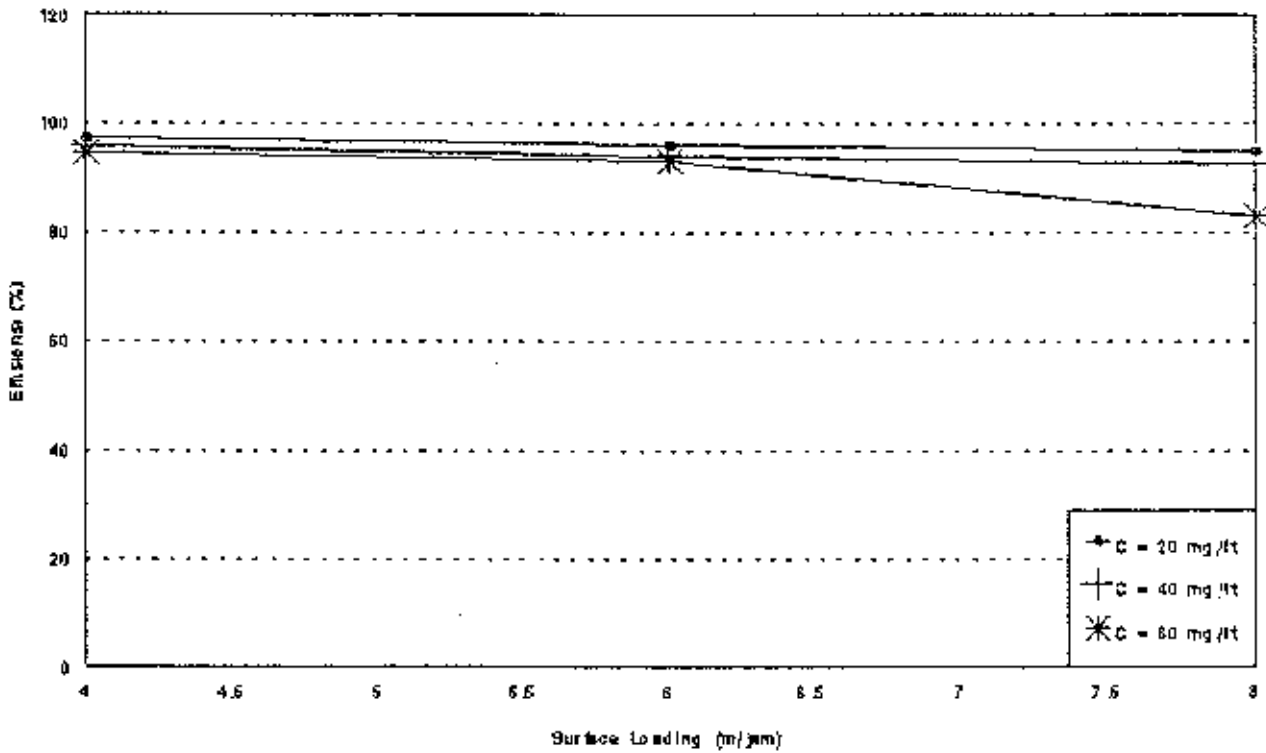
Antrasit yang digunakan sebagai tempat berlangsungnya aktivitas mikrobiologis juga memiliki karakteristik yang berbeda dengan kwarsa. Seperti telah diketahui bahwa antrasit merupakan butiran media yang unsur utama pembentuknya adalah berasal dari karbon (batubara). Antrasit seperti halnya karbon ( walaupun non aktif) akan mempunyai daya absorpsi pada permukaan butirannya ( makropore) maupun pada lapisan bagian dalam butiran (mikropore). Dengan kondisi tersebut, maka selama proses oksidasi biologis berlangsung, mekanisme pelekatan biological film yang terbentuk pada permukaan media akan relatif lebih baik dikarenakan pada antrasit memiliki kemampuan menyerap pada lapisan makroporenya, atau bahkan bisa sampai pada lapisan mikropore pada kondisi tertentu. Dengan demikian maka mekanisme pengelupasan (dettachment) lapisan biological film pada butiran media cenderung akan berlangsung dalam jangka waktu yang relatif lebih lama, sehingga secara kualitas, efluen yang dihasilkan dari proses tersebut akan relatif lebih baik. Hal ini tidak terjadi pada media kwarsa, sehingga dalam pengamatannya kualitas efluent dengan



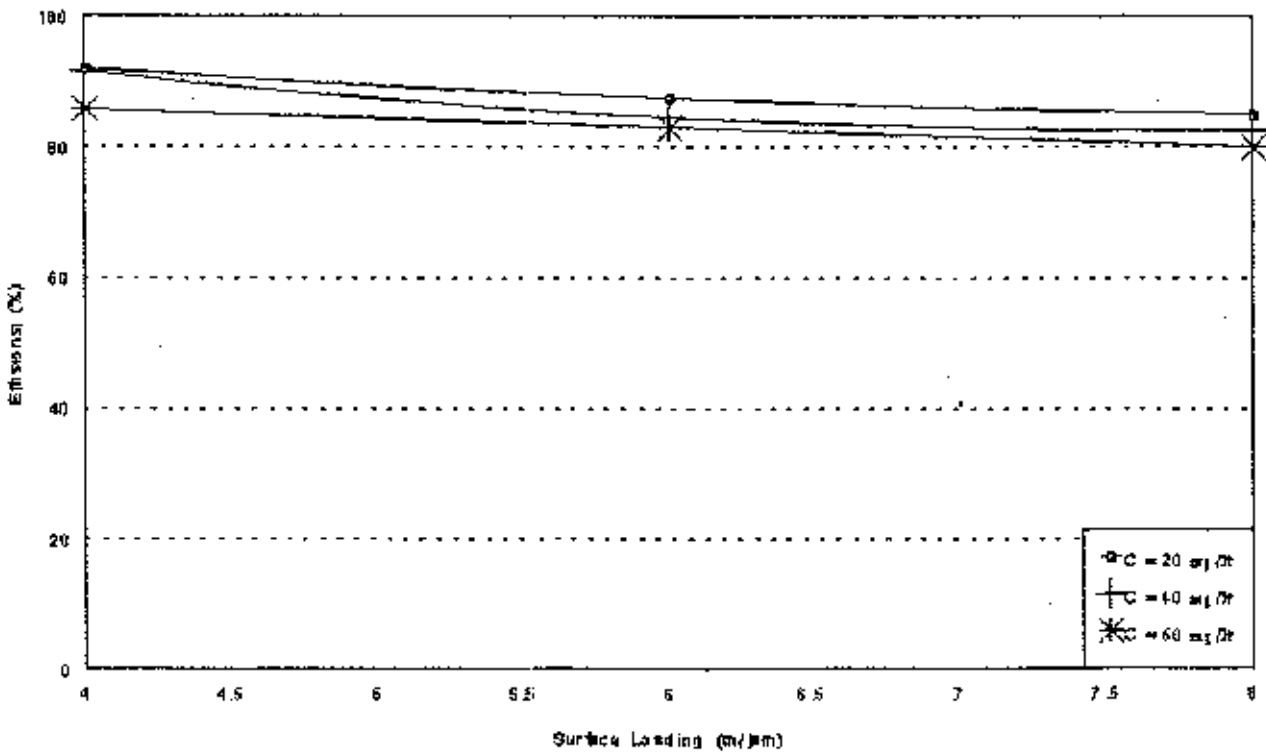
menggunakan kwarsa relatif lebih rendah dibandingkan pada media antrasit ( hubungan antara efisiensi proses dengan kedua jenis media pada pembebanan tertentu dapat dilihat pada halaman 83 ).

Sistem operasi Fixed Granular Bed yang diterapkan dalam penelitian ini adalah constant rate filtrasi. Salah satu tujuan diterapkannya sistem ini adalah untuk menghindari atau mencegah adanya fluktuasi/perubahan surface loading serta waktu kontak. Seperti telah diketahui bahwa proses penurunan material organik berlangsung secara biological aerobic dengan sistem attached growth reaktor, dimana kelangsungan hidup dari mikroorganisme sangat penting, disamping aktivitasnya dalam melakukan dekomposisi atas konstituen dalam larutan. Secara teoritis dengan kondisi surface loading yang fluktuatif akan mempengaruhi efektivitas dari aktivitas mikroorganisme. Dengan adanya perubahan tersebut maka sedikit banyak aktivitas biologis akan terganggu. Hal ini dapat dicegah dengan mengatur pembebanan melalui kecepatan pengolahan yang relatif konstant. Hubungan antara surface loading dengan efisiensi proses dapat dilihat pada grafik berikut ini.

HUBUNGAN SURFACE LOADING TERHADAP EFFISIENSI REMOVAL ORGANIK  
UNTUK MEDIA ANTRASIT



HUBUNGAN SURFACE LOADING TERHADAP EFFISIENSI REMOVAL ORGANIK  
UNTUK MEDIA PASIR KWARSA



## 5.2 KAJIAN SEGI PROSES

Material organik dapat direduksi dengan menggunakan proses biological aerobik, baik dengan sistem *suspended growth* maupun sistem *attached growth*. Prinsip reduksi material organik dengan menggunakan sistem *attached growth* adalah merupakan mekanisme oksidasi biologis yang mengandalkan aktivitas mikroorganisme aerobik, yang berlangsung pada media berbutir (*Fixed Granular Bed*) terhadap larutan yang mengandung material organik. Pada saat sekumpulan mikroorganisme melakukan aktivitasnya dengan menempel pada setiap butiran media, maka disitu akan terjadi perubahan luas permukaan dari media tersebut. Proses ini berjalan secara kontinyu, sehingga pada suatu periode tertentu, deposit dari lapisan biological film pada butiran media semakin lama akan semakin menebal, dan akhirnya dimungkinkan akan terjadi proses pengelupasan.

Pada proses ini selain aktivitas mikroorganisme dan karakteristik material organik yang perlu mendapat perhatian adalah mekanisme aerasi atau supply udara kedalam reaktor. Karena untuk melakukan aktivitas dekomposisi, mikroba selain memerlukan substrat yang cukup, oksigen juga merupakan kebutuhan hidupnya. Oleh karena itu perlu diperhitungkan juga mengenai metoda aerasi yang diterapkan dalam model *Fixed Granular Bed* dengan maksud untuk menjaga kondisi proses agar tetap berlangsung dalam suasana aerobik.

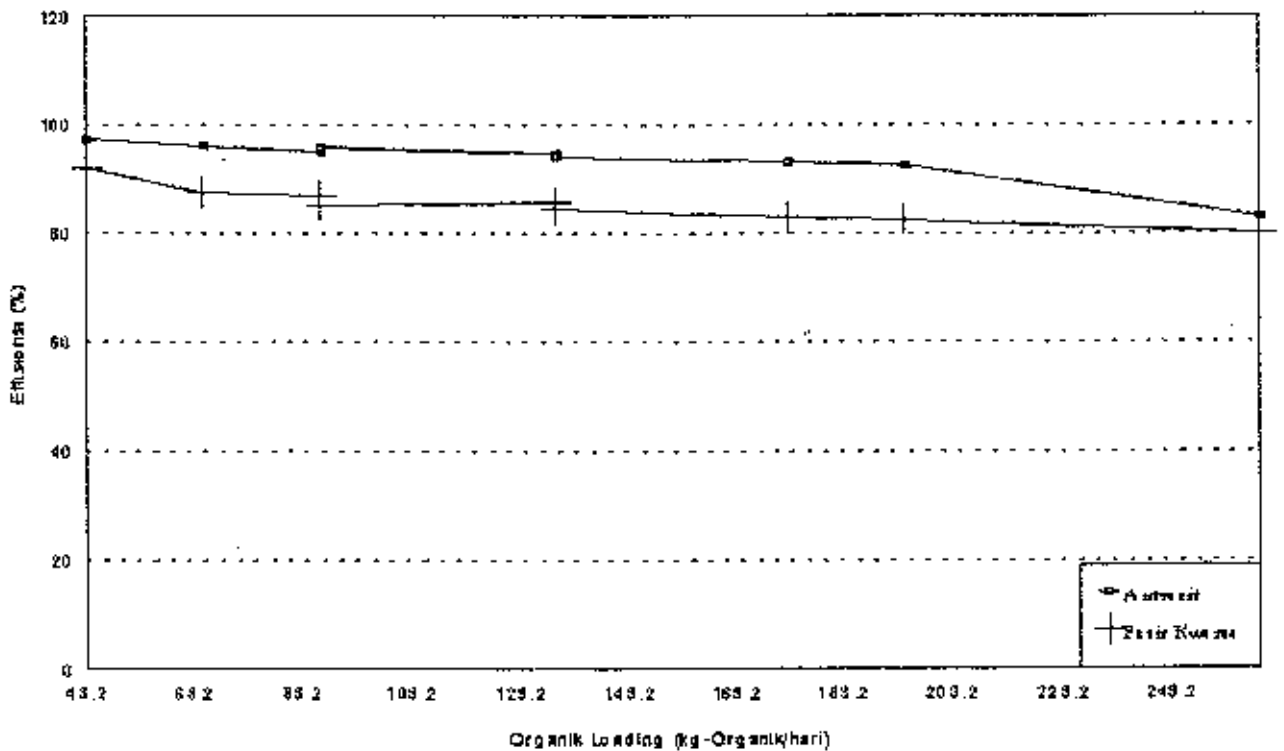
Dalam proses penurunan material organik terjadi reaksi kimia penguraian organik seperti dibawah ini :



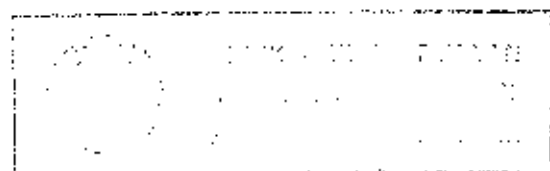
Reaksi diatas menunjukkan bahwa proses oksidasi biologis atas material organik dengan jumlah dan konsentrasi tertentu, selain akan menghasilkan sisa material organik berupa senyawa carbon dan air, juga akan membentuk sel mikroorganisme baru. Dalam hal ini yang kami lakukan pengamatan mekanisme penurunan organisme tanpa pengamatan terhadap jumlah secara pasti sel mikroorganisme baru yang terbentuk.

Dari hasil pengamatan yang telah dilakukan tampak bahwa efektivitas penurunan material organik mengalami peningkatan pada kondisi organik loading yang relatif lebih kecil. Salah satu sebab terjadinya hal diatas adalah karena kapasitas volumetric dari media yang relatif tetap, sedangkan konsentrasi material organik bervariasi dari mulai yang kecil sampai yang besar. Semakin besar konsentrasi yang masuk dengan kecepatan tertentu, maka beban yang dikandung oleh media juga akan semakin tinggi, sehingga efisiensi pengolahan akan semakin berkurang. Hubungan antara perubahan organik loading dengan efisiensi proses untuk masing-masing jenis media dapat dilihat pada grafik berikut :

HUBUNGAN ORGANIK LOADING TERHADAP EFFISIENSI REMOVAL ORGANIK  
UNTUK MEDIA ANTRASIT & PASIR KWARSA



Faktor lain yang turut mempengaruhi keberhasilan proses penurunan material organik adalah faktor lingkungan selama berlangsungnya proses seperti : nilai pH dan oksigen terlarut. Pada penelitian ini tampak bahwa nilai oksigen terlarut mengalami penurunan yang tidak terlalu besar ( hasil penelitian dapat dilihat pada lamp.8 tabel L-1 s/d L-6 ). Hal ini menunjukkan bahwa selama berlangsungnya aktivitas biologis oleh mikroorganisme terhadap material organik oksigen dikonsumsi dalam jumlah tertentu. Dengan supply udara yang relatif konstant, maka secara teoritis adanya aktivitas mikroorganisme tersebut akan mengakibatkan menurunnya konsentrasi oksigen terlarut. Dalam hal ini selain aktivitas biologis, konsentrasi oksigen terlarut juga



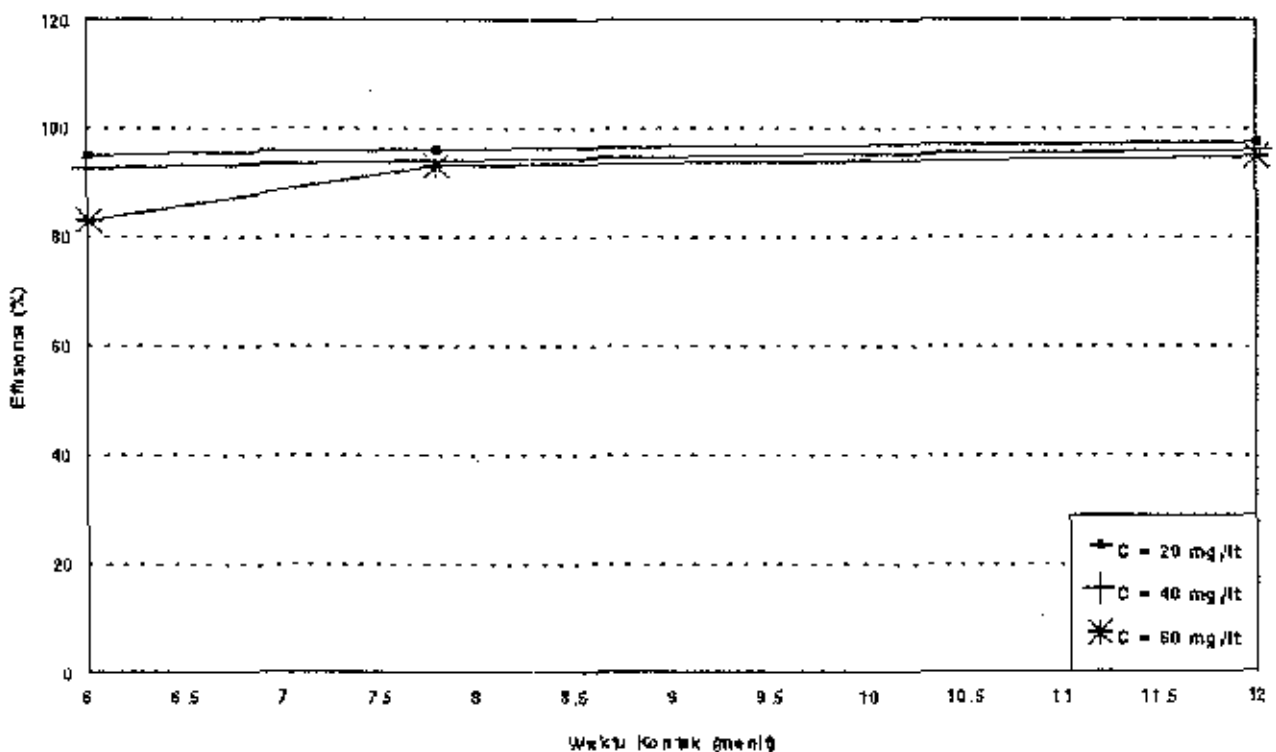
dipengaruhi oleh nilai temperatur terukur. Oleh karena dalam penelitian ini perubahan temperatur diasumsikan relatif konstant, maka perubahan oksigen terlarut dalam konteks ini dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme.

Faktor lingkungan yang berpengaruh dalam proses selain nilai DO, juga nilai pH terukur. Secara reaksi kimia seperti yang terlihat diatas tampak bahwa produk dekomposisi material organik berupa senyawa karbon ( $\text{CO}_2$ ) yang secara teoritis akan menurunkan nilai pH operasi, walaupun tidak begitu drastis ( hasil penelitian dapat dilihat pada lamp.8 tabel L-1 s/d L-6 ). Kondisi ini sangat bergantung pada kapasitas alkalinity dari larutan yang diolah. Kondisi range pH yang optimum untuk proses ini adalah sekitar 7 - 9 . Bilamana dalam larutan air baku memiliki kapasitas alkalinity yang relatif tinggi, maka nilai pH operasi selama proses berlangsung tidak akan mengalami penurunan yang begitu drastis, walaupun secara reaksi proses tersebut akan memberikan pengaruh pada penurunan nilai pH. Sebaliknya bilamana kapasitas alkalinity dari larutan relatif rendah, maka nilai pH operasi akan mengalami penurunan yang cukup drastis, sehingga akan dapat mempengaruhi efektifitas proses reduksi.

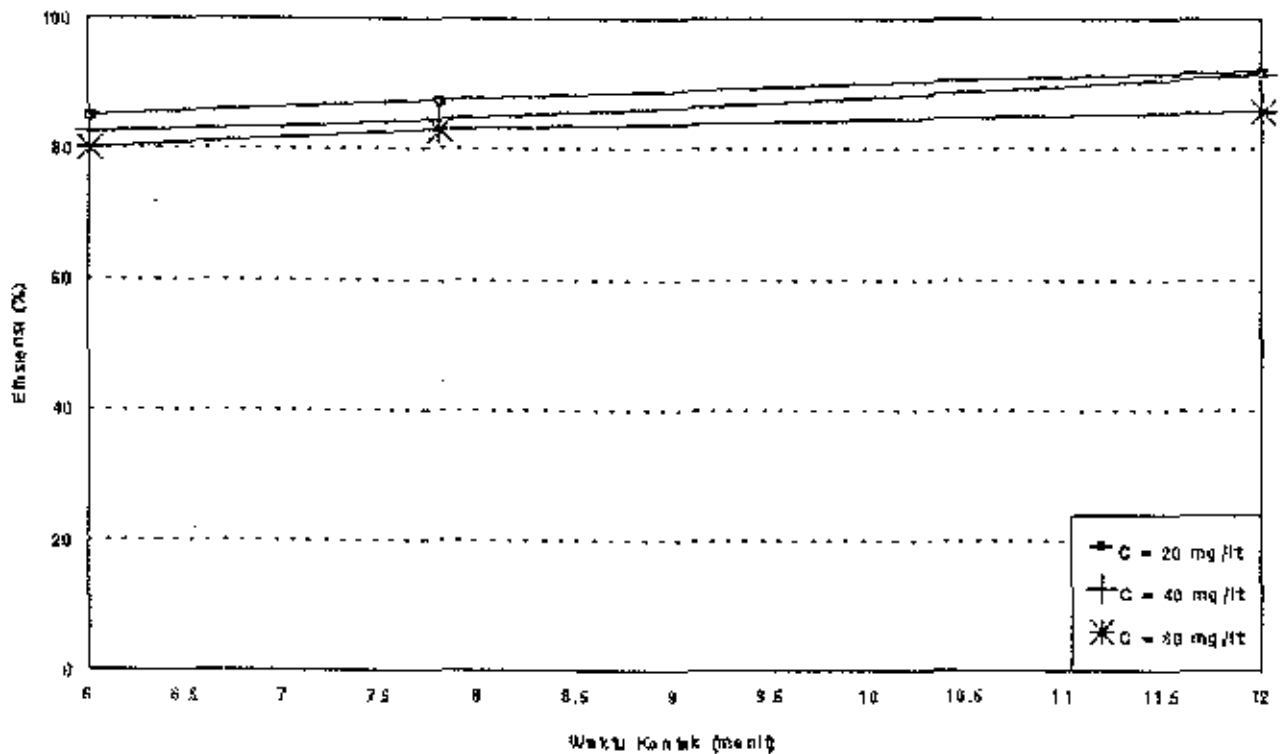
Faktor loading juga merupakan salah satu hal yang dapat mempengaruhi efisiensi proses. Seperti yang telah disebutkan pada literatur bahwa pembebanan merupakan fungsi dari debit pengolahan serta konsentrasi material organik yang diolah. Dari hasil pengamatan yang dilakukan, tampak bahwa untuk debit pengolahan yang relatif lebih rendah efisiensi proses reduksi material organik berlangsung cukup tinggi bilamana dibandingkan dengan proses pada debit pengolahan yang lebih tinggi. Hal ini menunjukkan bahwa waktu kontak antara mikroorganisme dengan larutan yang

mengandung material organik sangat berpengaruh, dimana secara teoritis waktu kontak dalam reaktor akan semakin panjang dengan rendahnya debit pengolahan, sehingga dalam hal ini memberikan kesempatan bagi mikroorganisme dalam melakukan aktivitasnya terhadap material organik pada media filter. Dengan kondisi demikian, maka praktis proses akan berjalan dengan optimal sehingga selain kualitas effluent yang dihasilkan akan semakin baik, juga lapisan biological film yang terbentuk akan semakin banyak dan tebal. Hubungan antara waktu kontak dengan efisiensi proses untuk kedua jenis media dapat dilihat pada grafik berikut :

HUBUNGAN WAKTU KONTAK TERHADAP EFISIENSI REMOVAL ORGANIK  
UNTUK MEDIA ANTRASIT



HUBUNGAN WAKTU KONTAK TERHADAP EFISIENSI REMOVAL ORGANIK  
UNTUK MEDIA PASIR KWARRA



Pada kondisi debit pengolahan yang relatif rendah namun konsentrasi material organik yang diolah relatif lebih tinggi, tampak bahwa efisiensi proses akan semakin berkurang. Hal ini dimungkinkan dengan konsentrasi yang semakin tinggi, lokasi / ruang pada permukaan media tempat berlangsungnya aktivitas mikroorganisme menjadi semakin kecil, sehingga proses tidak dapat berjalan sebagaimana mestinya walaupun waktu kontak operasi yang cukup lama. Untuk kondisi debit pengolahan yang relatif cukup tinggi maka jelas waktu kontak antara mikroorganisme dengan larutan yang mengandung material organik akan relatif lebih pendek, sehingga kesempatan bagi mikroba untuk melakukan proses dekomposisi biologis juga akan berkurang. Selain



karena waktu kontak yang cukup pendek, dengan kondisi debit pengolahan yang cukup tinggi akan membawa akibat terkelupasnya (sloughing) lapisan biological film yang terbentuk pada permukaan media. Dengan demikian dimungkinkan sludge tersebut akan ikut terbawa oleh aliran keluar melalui effluent, sehingga secara kualitas air terolah tersebut akan mengalami penurunan. Jadi jelas disini bahwa faktor pembebanan dan waktu kontak sangat berkaitan erat dalam menentukan keberhasilan mekanisme penurunan material organik.

Dalam proses oksidasi biologis yang secara nyata mengandalkan aktivitas mikroorganisme, maka parameter yang mendapat prioritas terbesar adalah proses pertumbuhan mikroorganisme dalam media ( baik itu suspensi maupun media berbutir). Dalam hal ini jenis mikroorganisme yang diharapkan dapat melakukan aktivitasnya adalah jenis mikroba atau bakteri aerobik. Jenis bakteri ini optimal hidup dan bekerja pada kondisi lingkungan tertentu seperti pH larutan, oksigen terlarut serta temperatur larutan. Selain faktor lingkungan, kelangsungan hidup mikroorganisme juga ditentukan oleh karakteristik dan konsentrasi influen yang akan diolah serta kuantitas atau debit pengolahan. Dengan kata lain bahwa faktor loading (pembebanan) juga ikut menentukan tingkat pertumbuhan dari mikroorganisme.

Seperti telah disebutkan dalam literatur bahwa tingkat pertumbuhan mikroorganisme dalam reaktor melalui beberapa fase atau tahapan sebagai fungsi dari waktu. Sebagai indikasi bahwa proses pertumbuhan mikroorganisme berlangsung dengan baik, dapat dilihat dari pembentukan lapisan biological film. Dengan demikian maka pembentukan lapisan biological film juga akan mengikuti fase-fase tersebut

dimana pada konsentrasi dan debit pengolahan tertentu, mikroorganisme yang telah terbentuk akan melakukan aktivitasnya melakukan dekomposisi atas material organik menjadi senyawa karbon, disamping melakukan metabolisme seluler untuk membentuk sel yang baru. Sebagai hasil proses dekomposisi dan metabolisme selulernya maka akan timbul koloni-koloni mikroorganisme yang menempel pada permukaan media berbutir dalam jumlah tertentu, dimana bila dilakukan pengukuran secara ilmiah pada tiap-tiap butiran media, akan tampak ketebalan dari lapisan biological film. Proses pembentukan lapisan biological film dalam reaktor Fixed Granular Bed berlangsung secara simultan. Dengan kondisi demikian, maka efisiensi reduksi material organik berlangsung relatif lebih baik bilamana lapisan biological film yang menempel pada permukaan media berbutir cenderung semakin tebal.

Proses pertumbuhan mikroorganisme dengan pembentukan lapisan biological film semakin lama akan bertambah dan menebal, sehingga dimungkinkan pada periode waktu tertentu akibat pengaruh faktor lingkungan maupun pembebanan, deposit lapisan yang telah terbentuk pada permukaan media berbutir akan mengalami mekanisme pengelupasan (*sloughing*). Kondisi ini dapat terjadi dikarenakan adanya sebagian besar mikroorganisme akan mengalami fase endogenous, dimana pada fase ini konsentrasi biomassa mengalami penurunan populasi dikarenakan oleh meningkatnya rate kematian akibat adanya pengaruh enzim autolysis dari seluler. Terlihat bahwa pada media antrasit, tingkat pertumbuhan mikroorganisme cenderung relatif lebih tinggi dengan indikasi pembentukan lapisan biological film yang lebih banyak. Dari aspek kualitas efluent yang dihasilkan tampak juga bahwa semakin tinggi tingkat pembentukan lapisan

biological film seluruh lapisan media berbutir, maka dapat dipastikan bahwa efisiensi proses juga akan meningkat. Akan tetapi perlu diperhatikan juga bahwa faktor lingkungan serta kondisi pembebanan yang kurang mendukung, akan mengakibatkan umur operasi dari reaktor relatif pendek, dikarenakan kondisi kualitas effluen yang terolah akan semakin menurun.

## BAB VI KESIMPULAN

### 6.1 KESIMPULAN

Dari penelitian yang telah dilakukan dan analisa yang telah diuraikan pada bab sebelumnya maka dapat diambil beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Proses penurunan organik dengan menggunakan Fixed Granular Bed berlangsung dengan kecepatan 4 m/jam s/d 8 m/jam diperoleh efisiensi removal yang lebih tinggi pada kecepatan 4 m/jam yaitu 85,8 % - 97,4 %;
2. Hasil proses penurunan dengan menggunakan media antrasit lebih baik yaitu dengan efisiensi removal 83 %- 97,4 %, dibandingkan dengan media pasir kwarsa dengan efisiensi 80 % s/d 92%;
3. Secara umum dapat dikatakan bahwa keberhasilan proses didalam reaktor Fixed Granular Bed dipengaruhi oleh : karakteristik dari media yang akan digunakan dalam penyusunan media direaktor, kecepatan pengolahan, pembebanan, dan faktor lingkungan;
4. Reaksi oksidasi biologis telah terjadi dengan terjadinya penurunan kandungan organik.

## 6.2 MASALAH YANG PERLU DIPECAHKAN

1. Agar dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menggunakan variasi diameter media yang lebih besar sehingga dalam pelaksanaannya tidak cepat clogging ;
2. Melakukan penyelidikan terhadap pembentukan biofilm secara mendalam ;

# DAFTAR PUSTAKA

- 1 American Water Works Association, "Water Quality and Treatment" , McGraw-Hill Book Company, 1971 .
- 2 Alaert,G, Sumestri,S, "Metode Penelitian Air" , Usaha Nasional, Surabaya, 1987
- 3 Asce, AWWA, CSSE, "Water Treatment Plant Design" , AWWA Inc, New York, 1969 .
- 4 APHA, AWWA, WPCF, "Standard Methode for The Examination of Water and Wastewater" , 16 th ed, 1985 .
- 5 Benefield, Larry,D, "Biological Process Design for Wastewater Treatment", Prentice Hall, Inc, Englewood.
- 6 Culp, Gordon,L , "Water Concepts in Water Purification" , Van Nostrand Reinhold Company, 1974 .
- 7 Culp, Gordon,L , "Handbook of Advanced Wastewater Treatment", Van Nostrand Reinhold Company, 2 nd ed, 1976
- 8 Degremont, "Water Treatment Handbook" , sixth edition, vol. 1 , 1991 .
- 9 Degremont, "Water Treatment Handbook" , sixth edition, vol. 2, 1991 .
- 10Environmental Sanitation Information Center, "Environmental Sanitation Reviews" , no. 12, Asian Institute of Technology Bangkok, Thailand, 1983 .
- 11Fair, Gordon Maskew-Geyer, "Water and Wastewater Engineering", Publ.Willy International, vol. 2, 1968 .
- 12Huisman,L , "Rapid Filtration" , Delft University of Technology, 1974
- 13Hammer,Mark,J , "Water and Wastewater Technology" , John Wiley and sons, Inc, 1977 .
- 14Montgomery, James,M , "Water Treatment Principal and Design" , John Wiley and sons, 1985 .
- 15Reynold, Tom,D , "Unit Operation and Process in Environmental Engineering" , Publ Del Mar.Ass, California, 1977 .

- 16 Sank, Robert, L , "Water Treatment Plant Design for The Practicing Engineer" , Ann Arbor Science, Publisher, Inc .
- 17 Sawyer, McCarty , "Chemistry for Sanitary Engineering" , McGraw-Hill, 2 nd edition .
- 18 Schulz, Christopher, R , "Surface Water Treatment for Communities in Developing Countries" , Publ Canada, 1987.
- 19 Weber, Walter, J , "Psicochemical Process for Water Quality Control" , John Wiley and sons, Inc, 1972 .